Joh. Müller

Die Leibesübungen

Anatomie · Physiologie · Hygiene

„Erste Hilfe"



Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin · 1914

Edgar F. Cyriax

Die Leibesübungen

Ihre Anatomie, Physiologie und Hygiene sowie „Erste Hilfe" bei Unfällen

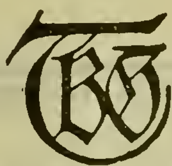
Lehrbuch der medizinischen Hilfswissenschaften
für Turnlehrer, Turner und Sportsleute

von

Dr. med. Johannes Müller

Oberlehrer und Arzt an der Kgl. Preußischen
Landesturnanstalt Spandau, Stabsarzt a. D.

Mit 240 Abbildungen im Text



Druck und Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin 1914

Sr. Exzellenz
Herrn Generalstabsarzt der Armee

Professor Dr. Otto von Schjerning

in Ehrerbietung und Dankbarkeit

gewidmet

Vorwort.

Das vorliegende Buch verdankt seine Entstehung dem Wunsche meiner Zuhörer und Schüler, zur Wiederholung und Weiterbildung eine Darstellung der medizinischen Hilfswissenschaften in der ihnen vorgetragenen Form in Händen zu haben. Es ist aus meinen früheren freien und jetzigen amtlichen Vorträgen über die behandelten Gegenstände herausgewachsen und durch einige Abschnitte, die für die Leibesübungen weniger wichtig sind und daher in den Vorträgen nur gestreift wurden, zu einem einheitlichen Buch ergänzt.

Die Darstellung des äußeren Aufbaues des menschlichen Körpers weicht von der sonst üblichen Art, zuerst die oberflächlichen, dann die tieferen Muskeln zu besprechen, ab und schlägt den umgekehrten Weg ein, da ich es bei nichtfachmännischem Studium für anschaulicher halte, den Körper gewissermaßen wie ein Bauwerk entstehen zu sehen. Auch habe ich der Einteilung der Muskeln von vornherein nicht ihre anatomische Lage, sondern ihre mechanische Wirkung zugrunde gelegt, um diese Wirkung nicht als fertigen Lernstoff vorzutragen, sondern den Leser durch eigenes Denken darauf zu führen. Natürlich kann man ein wirkliches Verständnis für den äußeren Aufbau und die Bewegungsmöglichkeiten des menschlichen Körpers nur an der Hand guter Knochenpräparate, Muskelmodelle und Abbildungen gewinnen. Von besonderer Wichtigkeit ist es, nach Möglichkeit Knochen und Muskeln in Ruhe und in Bewegung am eigenen lebenden Körper abzutasten und zu studieren.

Der Besprechung der Einwirkung der Leibesübungen auf die inneren Organe und das Nervensystem geht eine zusammenhängende anatomische und physiologische Beschreibung dieser Organe voraus, damit der Leser von vornherein mit einigem physiologischen Verständnis und Urteilsfähigkeit an die besondere Physiologie und Hygiene der Leibesübungen, soweit unsere Kenntnisse davon reichen, herantritt. Das ist besonders wichtig für das Verständnis einer zweckmäßigen Ernährung, eines sachgemäßen Trainings und einer Vermeidung von Überanstrengung sowohl bei Wettkämpfen als bei Dauerleistungen. Wenn auch unsere wissenschaftlichen Kenntnisse über das Wesen von Training und Übertraining noch sehr der Ergänzung bedürfen, so bieten doch die in der Ausübung der Leibesübungen gewonnenen Erfahrungen in Verbindung mit dem Wissen des in den Leibesübungen bewanderten, am besten selbst ausübenden Arztes Anhaltspunkte genug, um bei der nötigen Gewissenhaftigkeit Schädigungen zu vermeiden. Die entsprechenden Ausführungen des Buches sollen dem gleichen Zwecke dienen.

Besonderes Gewicht ist auf das richtige Verständnis des Wachstums und der Entwicklung der lebenswichtigen Organe, Herz, Blutgefäße und Lungen, gelegt, um dem Leser die physiologischen Unterlagen für die Forderungen des modernen Schulturnens, wie es sich insonderheit in Preußen unter dem Einfluß von Geheimem Oberregierungsrat Hinze und Direktor Diebow entwickelt hat, zu bieten.

Die Wichtigkeit der Rückgratsverkrümmungen forderte eine eingehende Besprechung ihres Wesens und ihrer Entstehung.

Der vierte Teil „Erste Hilfe“ berücksichtigt besonders die Erfahrungen, die ich als früherer aktiver Sanitätsoffizier in langjährigem Unterricht von Sanitätsunteroffizieren und Krankenträgern sammeln konnte.

Zu besonderem Danke bin ich dem Verlage für die Aufnahme so zahlreicher Abbildungen verpflichtet, die erst ein eingehendes Verständnis des Inhaltes ermöglichen.

Spandau, November 1913.

Johannes Müller.

Inhaltsverzeichnis.

Allgemeine Vorbemerkungen.

Erster Teil. Der äußere Aufbau des menschlichen Körpers.

(Vereinigte Knochen-, Bänder- und Muskellehre.)

Zweiter Teil. Die inneren Organe.

Erstes Kapitel.
Die Atmungsorgane und die Atmung.

Erster Abschnitt.

Die Lage der Brustorgane.

Zweites Kapitel.
Der Blutkreislauf.

Erster Abschnitt.

Blut und Lymphe.

Dritter Teil. Physiologie und Hygiene der Leibesübungen.

Allgemeine Vorbemerkungen.

I. Gewebelehre und allgemeine Anatomie.

1. Übersicht über die Entstehung des menschlichen Körpers aus der Zelle.

Der menschliche Körper entwickelt sich aus einer einzigen Zelle, der Keimzelle, die aus Vereinigung der Eizelle (Abb. 1) und der Samenzelle entstanden ist und sich durch wiederholte Teilung vermehrt. Zunächst sind alle Tochterzellen völlig gleichartig und

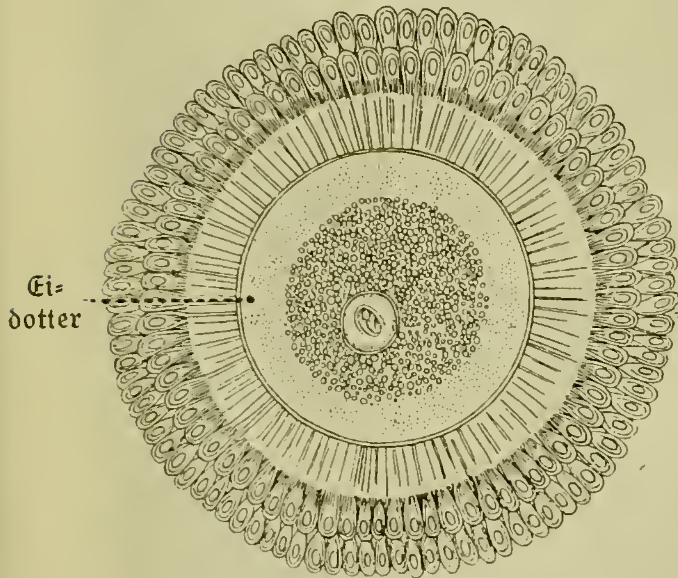
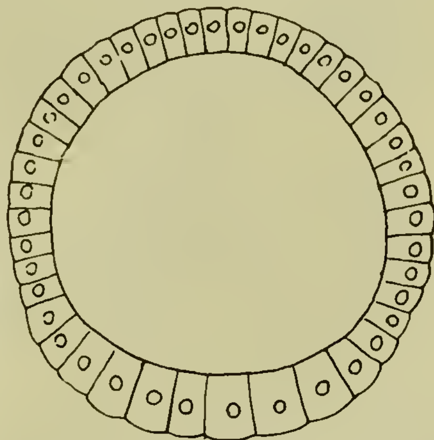
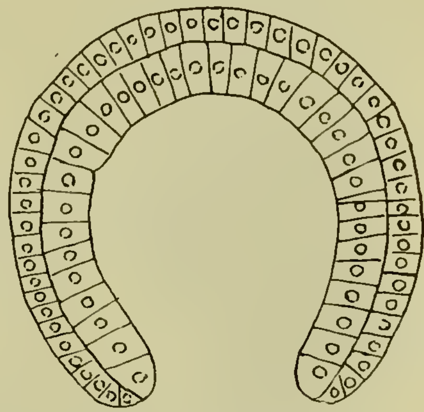


Abb. 1. Menschliches Ei. Dotter, Kern; Membran mit Umgebung. (Nach Nagel.)


Abb. 2. Keimblase (Blastula) von Amphioxus. Die unteren (vegetativen) Zellen größer als die oberen (animalen). (Nach Hatschek.)


Abb. 3. Gastrula: das innere Keimblatt eingestülpt. Urdarm, Urmund, äußeres Keimblatt. (Amphioxus.) (Nach Hatschek.)

bilden einen Zellenhaufen. Bald ordnen sich die Zellen in einfacher Lage zur Wand einer Hohlkugel, der Keimblase (Abb. 2). Weiterhin bilden sich in der Wand der Keimblase zwei Zellenschichten, die sogenannten beiden Keimblätter (Abb. 3). Die Zellen beider, des inneren und des äußeren Keimblattes, zu denen sich noch als drittes das mittlere Keimblatt hinzugesellt, entwickeln sich nun verschiedenartig weiter. Die gleichartigen Zellen bilden dann Zellengruppen, aus denen die verschiedenen Gewebe des Körpers entstehen. Man unterscheidet vier Hauptarten von Zellen und danach auch vier Hauptarten von Geweben, nämlich 1. das Epithelgewebe, 2. das Stützgewebe, dessen Zellen sich weiter verschieden entwickeln und a) Bindegewebe, b) Knorpelgewebe und c) Knochengewebe bilden, 3. das Muskelgewebe und 4. das Nervengewebe. Die Gewebe bestehen aber nicht mehr einfach aus Haufen verschiedenartiger Zellen. Die Zellen haben vielmehr die Fähigkeit, Stoffe zu bilden und auszuscheiden. Bei der Bildung der Gewebe bleiben diese Stoffe um die Zelle herum liegen und werden Grundsubstanz des Gewebes genannt. Die Menge der Grundsubstanz ist bei den einzelnen Geweben sehr verschieden. Sie bildet bei den Stützgeweben die Hauptmasse des Gewebes, in dem die eigentlichen Zellen verstreut liegen. Daher stammt denn auch der Name Grund-

substanz. Die Epithelzellen scheiden nur soviel Grundsubstanz aus, als nötig ist, um die einzelnen Zellen aneinanderzuhalten. Die Grundsubstanz wird daher hier auch Kittsubstanz genannt. Sie fehlt beim Muskelgewebe und Nervengewebe eigentlich ganz. Deren einzelne Elemente werden vielmehr durch Fortsätze der Zellen selbst oder durch Bindegewebe untereinander verbunden.

2. Die Zelle.

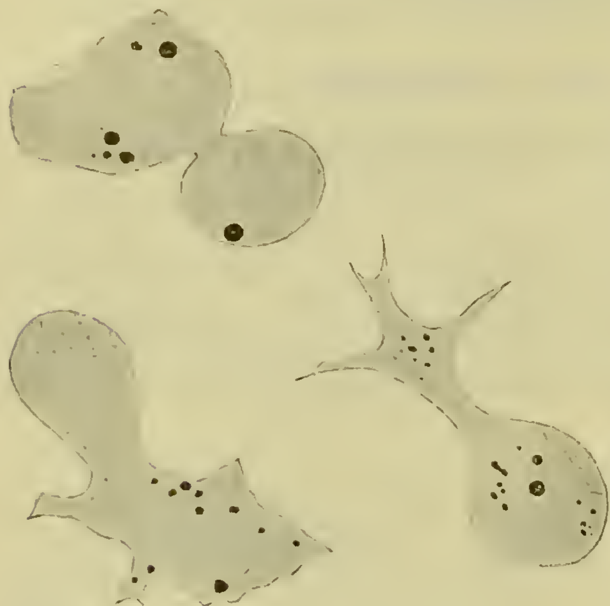


Abb. 4. Weiße Blutkörperchen. Formveränderungen. („Amöboide" Bewegung.) (Nach Kopsch.)

Die Zelle ist ein einfacher Organismus für sich, der fremde Substanz zu seiner Ernährung in sich aufnehmen und wachsen kann. Sie kann sich bewegen und fortpflanzen. 1. Die Zelle oder der Zelleib besteht aus Protoplasma, dessen oberflächliche Schicht verdichtet und fester ist und so eine Art Zellhaut bildet. Das Protoplasma der Zelle ist ein feines Fadengerüst, in dessen Fachwerk Körnchen eingelagert sind. 2. In der Mitte der Zelle liegt ein blasenförmiger, heller, scharf abgegrenzter Körper, der Zellkern, in dem sich 3. ein kleines Körperchen, das Kernkörperchen, befindet (Abb. 1).

Die Größe der Zellen schwankt zwischen kleinsten Gebilden von etwa $^{4}/_{1000}$ mm und großen Körpern, den Eiern von Vögeln und Kaltblütlern.

Die Bewegungen der Zelle bestehen im Aussenden von Fortsätzen aller Art, wodurch die Zelle die verschiedensten Formen annehmen kann. Die Zelle kann dadurch Fremdkörper gewissermaßen umwachsen und sie sich so einverleiben. Durch wechselseitiges Aussenden und Einziehen der Fortsätze kann sie sich auch fortbewegen (Abb. 4).

Im fertigen menschlichen Körper sind nur noch die weißen Blutkörperchen selbständige Zellorganismen.

Die Zellen pflanzen sich durch Teilung fort. Zuerst teilt sich der Kern und bildet dabei die vielgestaltigen Kernfiguren. Dementsprechend schnürt sich die Zelle mehr und mehr ein, bis zwei völlig getrennte Zellen entstanden sind, die sich entweder gänzlich voneinander lösen oder, wie bei der Entwicklung des Körpers aus dem Ei, im Zusammenhang miteinander bleiben.

3. Die Gewebe.

A. Epithelgewebe.

Das Epithelgewebe besteht aus Zellen, die durch geringe Spuren einer Absonderung, der Kittsubstanz, miteinander verbunden sind. Man unterscheidet 1. Pflasterepithel und 2. Zylinderepithel.

Das Pflasterepithel (Abb. 5) besteht aus platten Zellen, die sich infolge ihrer Weichheit der Umgebung anpassen und die verschiedensten Formen annehmen können. Es gibt einfaches Pflasterepithel und geschichtetes Pflasterepithel. Das einfache

Pflasterepithel besteht aus einer einfachen Lage von Pflasterepithelzellen. Es bildet die Wände der Lungenbläschen, kleidet den Innenraum der serösen Häute (s. S. 154), Herzbeutel, Brustfell und Bauchfell aus, ferner die Gelenkhöhlen, die Sehnenscheiden, die Blut- und Lymphgefäße. Das geschichtete Pflasterepithel besteht aus vielen Schichten von Epithelzellen. Die untersten Lagen sind Zylinderzellen, dann folgen als Übergang Zellen von kubischer Form und an der Oberfläche die eigentlichen Pflasterzellen. Das geschichtete Pflasterepithel überzieht die Schleimhäute des Mundes, des Schlundes und der Speiseröhre und bildet die oberste Schicht der Haut.

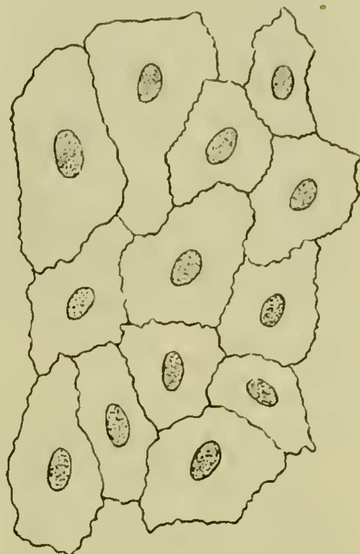


Abb. 5. Pflasterepithel („Endothel") einer serösen Haut. (Nach Schäfer.)

Das **Zylinderepithel** besteht aus vollsaftigen Zellen, deren Höhe die Breite mehrfach übertrifft. Im Querschnitt erscheinen die Zylinderzellen sechsseitig, bilden also kleine Prismen. An der freien Oberfläche haben sie einen feinen, gleichmäßigen Saum. Andere, die sogenannten Flimmerzellen, tragen feine Härchen, die lebhaft nach einer bestimmten Richtung hinschwingen können. Das aus ihnen bestehende Epithel heißt **Flimmerepithel** (Abb. 6).

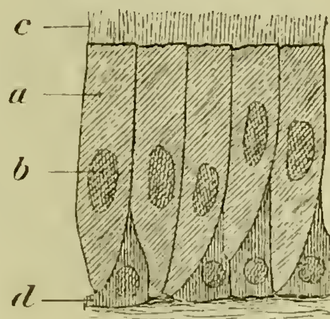


Abb. 6. Flimmerzellenbelag. *a* Flimmerzelle. *b* Zellkern. *c* Flimmerhaare. *d* Ersatzzelle. (Nach Sachs.)

Einfaches Zylinderepithel bedeckt die Schleimhaut des Darmkanals und die Ausführungsgänge von Drüsen. Einfaches Flimmerepithel kleidet die feinsten Bronchien und den Zentralkanal des Rückenmarkes aus. Geschichtetes Zylinderepithel bildet die oberflächliche Schicht der Bindehaut des Auges. Geschichtetes Flimmerepithel überzieht die Schleimhaut des Kehlkopfes, der Luftröhre und der großen Bronchien. Die Flimmerhärchen schwingen hier wie bei dem einfachen Flimmerepithel nach dem Ausgang zu, um leichte Fremdkörper zu entfernen. Die Zellen der tieferen Schichten haben beim geschichteten Zylinderepithel keine regelmäßige Form, nur die oberste Schicht zeigt reine Zylinderzellen.

Anhang: **Die Drüsen.**

Wir sahen schon, daß die Zellen Stoffe absondern können, aus denen die Grundsubstanz vieler Gewebe besteht. In anderen Fällen bleiben die abgesonderten Stoffe nicht zur Bildung eines Gewebes um die Zelle herum liegen, sondern werden als Sekret entleert, um entweder im Körper Verwendung zu finden (z. B. die Verdauungssäfte) oder als unbrauchbar ausgeschieden zu werden (z. B. Harn, Schweiß).

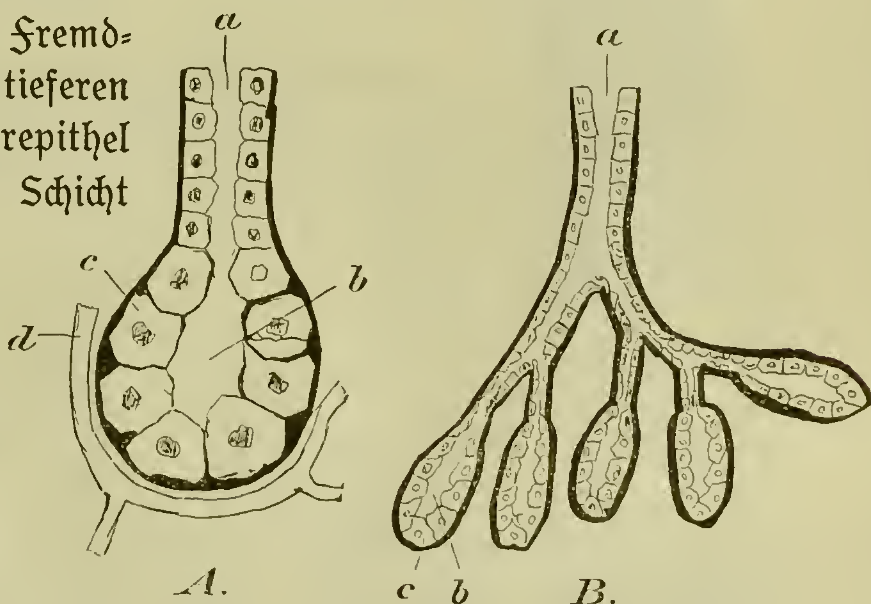


Abb. 7. *A* Schema einer einfachen Drüse. *B* einer zusammengesetzten Drüse. *a* Ausführungsgang. *b* Hohlraum. *c* Drüsenzelle mit Kern. *d* Haarröhrchen des Blutgefäßsystems. (Nach Sachs.)

Nur Epithelzellen bilden Sekrete und werden dann Drüsenzellen genannt. Drüsenzellen können als Einzelzellen zwischen den übrigen Epithelzellen liegen, wie die Schleimzellen. Andere bilden die ganze oberflächliche Schicht eines Epithels, die sich in die Tiefe einstülpt und so Drüsen, einfache oder mehrfach verzweigte Hohlräume von Schlauchform oder Traubenform, bildet. Diese Drüsen setzen sich vielfach zu großen Organen mit mehreren Abteilungen, Lappen oder Läppchen, zusammen. Die meisten Drüsen haben einen Ausführungsgang und heißen eigentliche Drüsen. (Abb. 7.) Es gibt aber auch Drüsen ohne Ausführungsgang, die sogenannten Drüsen „mit innerer Sekretion".

B. Die Stützgewebe.

a) **Das Bindegewebe.**

Die Hauptmasse des Bindegewebes besteht aus feinsten Bindegewebsfasern von etwa $^6/_{1000}$ mm Dicke. Die spärlichen Bindegewebszellen sind platt und haben die verschiedenste Form, da sie sich den Zwischenräumen der Bindegewebsfasern anpassen müssen. Man unterscheidet 1. lockeres Bindegewebe und 2. geformtes Bindegewebe.

Die Bindegewebsfasern sind beim lockeren Bindegewebe locker und in den verschiedensten Richtungen sich kreuzend aneinandergefügt. Das lockere Bindegewebe bildet die Unterlage der Haut (Unterhautbindegewebe), der Schleimhäute, der serösen Häute (Herzbeutel, Brustfell, Bauchfell), der Faszien, umhüllt die Muskelfasern und die Gefäßnervenbündel. Sein lockeres Gefüge macht die genannten Häute und Umhüllungen gegen ihre Unterlage verschieblich. Das lockere Bindegewebe enthält in seinen Zellen an verschiedenen Körperstellen Fett und wird dann als Fettgewebe besonders bezeichnet. Das Fettgewebe nimmt bei der Fettleibigkeit so überhand, daß die Grundsubstanz des lockeren Bindegewebes völlig dagegen in den Hintergrund tritt.



Abb. 8. Faseriges Bindegewebe mit Zellresten. (Nach Rollett.)

Die Bindegewebsfasern des geformten oder straffen Bindegewebes sind fester aneinandergefügt und verlaufen parallel, oder es kreuzen sich parallele Fasern mit anderen, die ihrerseits parallel sind. Dadurch entstehen feste Stränge oder feste Bänder und feste Häute. Hierher gehören die Sehnen in ihrer verschiedenen Form, die Gelenkkapseln, die Knochenbänder, die Sehnenscheiden, die Knochenhaut, die Bindehaut, die Hauptmasse der Schleimhäute, der serösen Häute, der Blut- und Lymphgefäßwände, der harten Hirnhaut und Rückenmarkshaut, die festen Hüllen der Gefäßnervenbündel, die derben Faszien und andere mehr. (Abb. 8.)

Die Bindegewebsfasern quellen durch Säuren auf und werden durchsichtig und geben beim Kochen Leim. Beide Arten des Bindegewebes sind häufig von verschiedenen Mengen elastischer Fasern durchsetzt. Diese zeigen größere Widerstandsfähigkeit, werden weder durch Säuren noch durch Kochen verändert und verleihen je nach ihrer Menge dem Gewebe größere oder geringere Elastizität. Elastische Fasern, die durch Umbildung der Grundsubstanz entstehen, kommen namentlich in der Haut, der Luftröhre, der Lunge, der Speiseröhre und den Wänden der Blutgefäße vor.

b) Das Knorpelgewebe.

Das Knorpelgewebe besteht aus einer gleichmäßigen Grundsubstanz, die fest, elastisch und leicht schneidbar ist. Bei gewissen Behandlungsmethoden zerfällt sie jedoch auch in Fasern und gibt beim Kochen Leim. In die Grundsubstanz sind die Knorpelzellen eingelagert. Die Oberfläche des Knorpels ist stets glatt. Der Knorpel dient dem Körper als Stütze an Stellen, wo Festigkeit und Biegsamkeit zugleich nötig sind. So wird der vordere Teil der Rippen aus Knorpel gebildet, was für die Atembewegungen von besonderer Wichtigkeit ist, und Kehlkopf und Luftröhre werden durch Knorpelplatten und Knorpelringe gestützt. Unmittelbar nach der Geburt besteht das ganze Skelett des Menschen aus Knorpel (bzw. Bindegewebe), um erst später allmählich zu verknöchern. Ferner sind die Gelenkenden der Knochen überknorpelt, wodurch eine leichte Verschieblichkeit ohne Abnutzung der Knochenenden gewährleistet wird.

In die Grundsubstanz des Knorpels können mehr oder weniger Bindegewebsfasern eingelagert sein, so daß man sogar Bindegewebs- oder Faserknorpel von dem gewöhnlichen Knorpel unterscheidet. Die Bindegewebsfasern sind durch Umbildung der Grundsubstanz entstanden. Diese Art Knorpel findet sich zur unmittelbaren Verbindung zweier Knochen und bildet die Schalen der Zwischenwirbelscheiben und die Schoßfuge. Auch die Zwischenknorpel der Gelenke sind ähnlich gebaut. Schließlich besteht die Ohrmuschel aus gelblichem, besonders elastischem Knorpel, der durch Einlagerung von elastischen Fasern in die Grundsubstanz entstanden ist. (Abb. 9.)

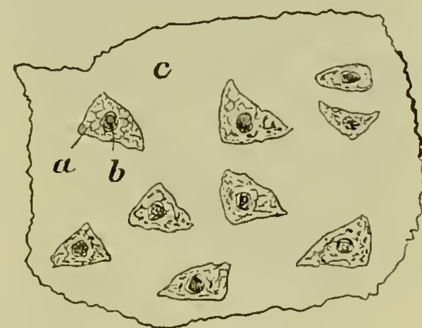


Abb. 9. Schnitt aus einem Stück glasartigen Knorpels. *a* Knorpelzelle. *b* Zellkern. *c* Zwischenzellsubstanz. (Nach Sachs.)

Mangelnde Übung vermindert durch Auftreten starrer Fasern oder durch Ablagerungen von Kalksalzen die Elastizität des Knorpels und macht ihn starr, was namentlich bei den Rippenknorpeln schädlich ist.

c) Das Knochengewebe.

Der Knochen besteht aus organischer, knorpelähnlicher Grundsubstanz, in die sich Kalksalze, namentlich phosphorsaurer Kalk, abgelagert haben. Im Knochen finden sich feinste Höhlen, die die Knochenzellen enthalten. Die meisten Knochen sind knorpelig vorgebildet und zunächst noch nicht hohl, sondern durchaus massiv. Im Innern dieses ursprünglichen Knorpels lagern sich Kalksalze ab, womit die Verknöcherung einsetzt. Die knorpelig vorgebildeten Knochen sind von der Knochenhaut umgeben, an deren Innenfläche sich knochenbildende Zellen befinden, die von außen her neue Knochensubstanz auflagern, während gleichzeitig im Innern die Auflösung des Knochens durch die Tätigkeit von Zellen beginnt. Dadurch entsteht die Markhöhle. Während des weiteren Knochenwachstums ist das Anlagern neuer Knochensubstanz ebenfalls von einer teilweisen Auflösung im Innern des Knochens begleitet.

Die Knochen des Schädels, das Schädeldach, sowie die Gesichtsknochen sind nicht knorpelig, sondern bindegewebig vorgebildet. Ihre Umbildung in Knochen geschieht in ähnlicher Weise, wie es soeben beschrieben wurde.

Der fertige Knochen ist hart und fest, besitzt aber doch zugleich eine gewisse Elastizität, wie namentlich an den Rippen zu sehen ist. Die Umbildung des Knorpels oder Bindgewebes in Knochen wird durch die englische Krankheit verzögert. Dann bleiben die Knochen lange Zeit weich und sind den mannigfachsten Verkrümmungen ausgesetzt.

Die Knochenhaut besteht aus der knochenbildenden Zellenschicht und einer bindegewebigen Schicht, die die Verbindung der Sehnen und Bänder mit den Knochen herstellt. Sie ist durch Blutgefäße und besondere feine Fasern an den Knochen angeheftet.

Anhang: **Formen und Verbindungen der Knochen.**

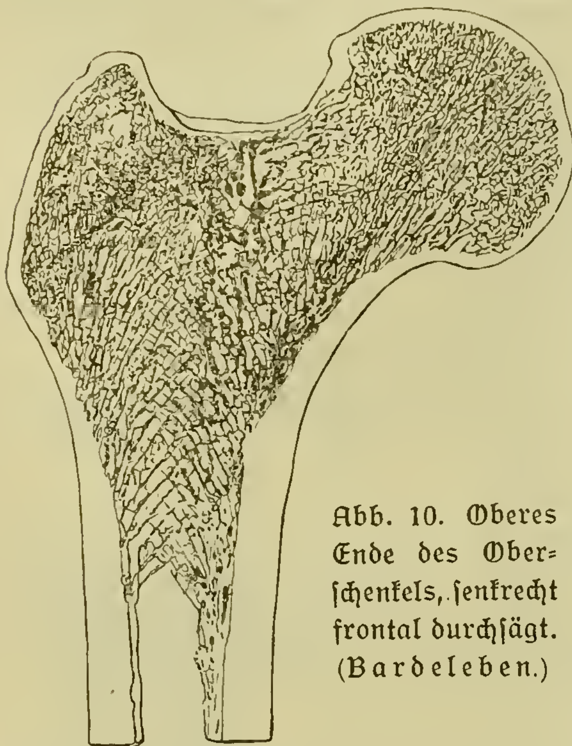


Abb. 10. Oberes Ende des Oberschenkels, senkrecht frontal durchsägt. (Bardeleben.)

a) **Verschiedene Knochenformen.** Die Knochensubstanz ist im Knochen in zweierlei Art angeordnet. Man unterscheidet danach die schwammige Substanz und die feste Substanz. Die schwammige Substanz besteht aus feinen Knochenplättchen, die in Form von Bälkchen in den verschiedensten Richtungen zusammenstoßen und ein scheinbar unregelmäßiges Netzwerk bilden. Die entstehenden Lücken können mit den Hohlräumen eines Badeschwammes verglichen werden, woher auch der Name schwammige Substanz stammt. Der Name ist aber nicht gut gewählt, da die Bälkchen in Wahrheit kein unregelmäßiges Netzwerk bilden, sondern sich nach den Gesetzen der Statik, genau der größeren oder geringeren Belastung des Knochens entsprechend, entwickeln. Diese statische Anordnung bildet sich auch bei der Heilung von Knochenbrüchen nach den neuen Belastungsverhältnissen heraus. Die feste Substanz besteht aus platt aufeinandergelegten Knochenplättchen und ist hart und gleichartig. (Abb. 10.)

Die Knochen werden eingeteilt in:

1. Röhrenknochen, 2. kurze Knochen, 3. platte Knochen.

1. Man unterscheidet an den Röhrenknochen das Mittelstück oder den Schaft und die beiden Enden. Der Schaft ist eine Röhre, daher der Name dieser Knochen. Der Hohlraum in ihrem Innern, die Markhöhle, enthält das Knochenmark. Die Wandungen der Röhre bestehen ihrer Hauptmasse nach aus fester Substanz, an deren Innenfläche sich stellenweise etwas schwammige Substanz findet. Die beiden Enden der Röhrenknochen bestehen vorwiegend aus schwammiger Substanz, die außen von einer schmalen Lage fester Substanz, der Fortsetzung der dickeren Wand des Schaftes, bedeckt wird. Die Verknöcherung der Enden und des Schaftes läßt zwischen beiden bis zum vollendeten Wachstum eine Knorpelscheibe bestehen, von der aus der Knochen in die Länge wächst. Röhrenknochen sind die Knochen der Gliedmaßen mit Einschluß der Mittelfuß-, Mittelhand-, Finger- und Zehenknochen und das Schlüsselbein.

2. Die kurzen Knochen sind wie die Enden der Röhrenknochen gebaut. Zu ihnen gehören die Hand- und Fußwurzelknochen.

3. Die platten Knochen bestehen aus zwei Platten fester Substanz, die mehr oder weniger schwammige Substanz zwischen sich fassen. Zu ihnen gehören die Knochen des Schädeldaches, die Darmbeine und die Schulterblätter. Doch passen letztere beide nicht mehr ganz in die genannten Gruppen von Knochen; man bezeichnet sie als gemischte Knochen, da sie Merkmale mehrerer Gruppen an sich haben. Auch die Wirbel, die meisten Gesichtsknochen und die Knochen des Schädelgrundes gehören zu den gemischten Knochen.

Der geschilderte Aufbau der Knochen aus fester und schwammiger Substanz bedingt größte Festigkeit bei möglichst leichtem Gewicht. Die Gelenkenden der Knochen sind mit einer Knorpelschicht überzogen.

b) **Verbindungen der Knochen untereinander.** Die Knochen können 1. durch Nähte, 2. durch Knorpelfugen, 3. durch Gelenke miteinander verbunden sein.

1. Die Verbindung durch Nähte findet sich ausschließlich an den Schädelknochen. Die Knochenränder greifen durch Zacken ineinander, zwischen denen noch einzelne Bindegewebsstränge verlaufen. Nur die Schuppe des Schläfenbeins greift mit keilförmig abgeschrägtem Rande über den in gleicher Weise abgeschrägten Rand des Scheitelbeines. Die Nähte ermöglichen ein Weiterwachsen der einzelnen Schädelknochen und damit der ganzen Schädelkapsel. Sie verknöchern in späterem Lebensalter nach vollendetem Wachstum der Schädelkapsel, können aber auch krankhaft vorzeitig verknöchern. Dann bleibt der Schädel klein und hindert das Gehirn an der weiteren Entwicklung.

2. Die Knorpelfugen sind Verbindungen der Knochen durch Knorpel, und zwar Bindegewebsknorpel. Sie ermöglichen durch die Elastizität des Knorpels ein geringes Auseinanderweichen der Knochen. Hierher gehört die Schoßfuge. Auch die Verbindung durch Zwischenwirbelscheiben kann zu den Knorpelfugen gerechnet werden. Freilich kommt hier durch den besonderen Bau der Zwischenwirbelscheiben eine größere Beweglichkeit zustande.

3. Die Gelenke bestehen aus den überknorpelten Gelenkenden und der bindegewebigen Gelenkkapsel, die oft durch Bänder verstärkt ist. Diese Bänder sind in die Gelenkkapsel eingewebt oder verbinden die Knochen neben dem Gelenk oder liegen auch wie die Kreuzbänder des Kniegelenks innerhalb der Gelenkhöhle. Sie sollen die Gelenkkapsel bei starker Inanspruchnahme vor dem Zerreißen schützen, wobei sie häufig selbst gezerrt oder zerrissen werden. Oft gleicht ein Knorpelring die Form der Gelenkflächen der beiden Knochen gegeneinander aus. Die Gelenke sind durch die Gelenkkapsel völlig abgeschlossen, wodurch die Gelenkhöhle entsteht, die innen durch die Synovialhaut ausgekleidet ist. Die Synovialhaut sondert eine eiweiß- und schleimhaltige Flüssigkeit, die Gelenkschmiere (oder Synovia) ab, um eine Reibung und Abnutzung der Knochenenden zu verhindern. Die größere oder geringere Beweglichkeit eines Gelenkes ist einmal von der Form der Gelenkflächen, zweitens von der größeren oder geringeren Straffheit der Gelenkkapsel und Bänder abhängig.

Die Gelenke werden nach ihrer Form und Bewegungsmöglichkeit in Kugelgelenke, Scharniergelenke, Drehgelenke, Sattelgelenke, Eigelenke und ebene Gelenke eingeteilt.

Die Kugelgelenke können nach allen Richtungen, also um drei Achsen gedreht werden. Die Scharniergelenke und Drehgelenke können um eine Achse gedreht

werden, und zwar die Scharniergelenke um eine Achse, die etwa senkrecht zur Längsachse des Knochens steht, die Drehgelenke um eine Achse, die etwa mit der Längsachse des Knochens zusammenfällt. Die Sattelgelenke und Eigelenke können um zwei Achsen gedreht werden. Die Gelenkflächen der Sattelgelenke sind in der einen Richtung konkav, in der dazu senkrechten konvex gestaltet, wobei natürlich die Konvexität des einen Knochens der Konkavität des andern Knochens entspricht. Die Bewegungen in den Sattelgelenken können mit den Bewegungen des Reiters im Sattel verglichen werden. Die eine Gelenkfläche des Eigelenks hat etwa Eiform, die andere bildet das Negativ der Eiform. Bewegungen sind natürlich um die Längsachse des Eis in ausgedehnterem Maße, um die Dickenachse des Eis in geringerem Maße möglich. Die Beweglichkeit der ebenen Gelenke hängt völlig von der größeren oder geringeren Straffheit der Gelenkkapsel ab. Die Gelenkflächen können in der Ebene nach allen Richtungen verschoben oder gar um eine zur Ebene senkrechte Achse gedreht werden. Gestattet die Gelenkkapsel eine Entfernung der Gelenkenden voneinander, so können auch Wackelbewegungen stattfinden. Zu den beweglichen ebenen Gelenken gehören die Wirbelgelenke. Straffe Gelenkkapseln gestatten oft keinerlei Bewegungen, wie sich am deutlichsten bei den Hüftkreuzbeingelenken zeigt.

C. Das Muskelgewebe.

Das Muskelgewebe besteht aus einzelnen Zellen. Die Zellen haben sich in eigentümlicher Weise zu Muskelfasern weiter entwickelt. Man unterscheidet glatte Muskelfasern und quergestreifte Muskelfasern und dementsprechend glatte Muskeln und quergestreifte Muskeln. Die Muskelfaser ist also der eigentliche Grundbestandteil des Muskels.

a) Die glatten Muskelfasern.

Die glatten Muskelfasern haben den Charakter der Zelle noch fast völlig gewahrt. Sie bestehen aus Protoplasma und einem Kern. Nur sind die Zellen spindelförmig oder zylindrisch in die Länge gezogen; dementsprechend hat auch der Kern langovale Gestalt angenommen. Die Dicke der glatten Muskelzellen beträgt $^{5}/_{1000}$ bis $^{8}/_{1000}$ mm, ihre Länge durchschnittlich $^{1}/_{4}$ mm. Doch gibt es glatte Muskelfasern von $^{1}/_{20}$, aber auch solche bis $^{1}/_{2}$ mm Länge. Die glatten Muskelfasern liegen zerstreut im umgebenden Gewebe oder sind zu hautförmigen Muskelgebilden vereinigt, in denen sie parallel nebeneinander oder in den verschiedensten Richtungen miteinander verflochten liegen. Die glatten Muskelzellen sind dann durch kleine, stachelförmige Fortsätze miteinander verbunden. Eine größere Zahl wird von feinen bindegewebigen Häuten umgeben. (Abb. 11.)

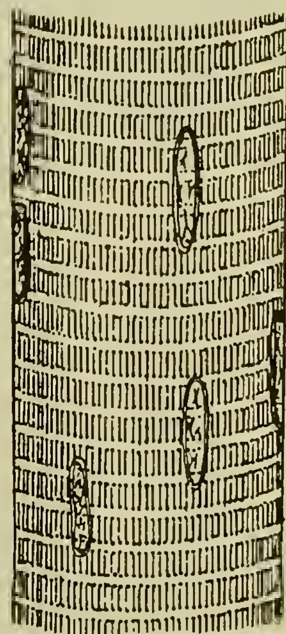

Abb. 11. Glatte Muskelzelle mit Kern. (Nach Sachs.)

Die glatten Muskelfasern können sich in ihrer Längsrichtung zusammenziehen. Da sie noch verhältnismäßig wenig veränderte Zellen sind, erfolgt ihre Zusammenziehung langsam und lang andauernd, entsprechend den Eigenschaften des Protoplasmas. Sie erhalten den Reiz zur Zusammenziehung durch den sympathischen Nerven, ohne Beteiligung unseres Bewußtseins und Willens, und finden sich in Organen, die unmittelbar der Erhaltung unseres Lebens dienen, also dem Verdauungskanal, den

Harnorganen, den Blut- und Lymphgefäßen und der äußeren Haut. Die glatten Muskelfasern vermehren sich bei Inanspruchnahme wie Zellen durch Teilung.

b) Die quergestreiften Muskeln.

Die quergestreifte Muskelfaser: Die Fasern der quergestreiften Muskeln sind ebenfalls Zellen, die aber der Form und der stofflichen Zusammensetzung nach eine weitergehende Veränderung durchgemacht haben. Ihre Dicke beträgt $^1/_{100}$ bis $^1/_{10}$ mm (starke Muskeln haben dickere, schwache dünnere Muskelfasern) und schwankt entsprechend dem allgemeinen Ernährungszustande des Menschen. Die quergestreiften Muskelfasern können bis 16 cm lang werden. (Abb. 12.)


Abb. 12. Quergestreifter Muskel. (Nach Schäfer.)

Das Protoplasma der Zelle hat sich bei den quergestreiften Muskelfasern zum größten Teil in feinste Fäden, die Fibrillen, umgebildet, die die Fähigkeit haben, sich schnell, kräftig, aber nur kurzdauernd zusammenzuziehen. Die Fibrillen liegen in dem Rest des noch nicht umgebildeten Protoplasmas. Die ganze Muskelfaser ist von dem Sarkolemm, der ursprünglichen verdichteten Zellhaut, umgeben. In dem Protoplasma, unmittelbar unter dem Sarkolemm, liegt eine Anzahl von Kernen, die durch Teilung aus dem ursprünglichen Zellkern entstanden sind und sich durch bestimmte Reize, im besonderen durch die Tätigkeit des Muskels, zu neuen Muskelzellen bzw. Muskelfasern auswachsen können. Das Dickenwachstum des Muskels erfolgt also durch Vermehrung der Zahl der Muskelfasern, während die Dicke der einzelnen Fasern, abgesehen von dem Ernährungszustand des Menschen, bei Erwachsenen nicht wesentlich zunimmt.

Die einzelnen Fibrillen können durch Behandlung der Muskelfasern mit Alkohol aus ihrem Zellenzusammenhang gelöst werden. Behandelt man eine Muskelfaser dagegen mit Salzsäure, so zerfällt sie in feinste Querscheiben, aus denen auch die Fibrillen zusammengesetzt sind. Die Querscheiben bestehen aus verschieden brechender Substanz und erscheinen darum an der Muskelfaser als helle und dunkle Querbänder. Daher der Name quergestreifte Muskelfasern.

Der Aufbau des quergestreiften Muskels: Eine verschieden große Anzahl von Muskelfasern wird zu einem Muskelbündel vereinigt. Dies geschieht durch lockeres Bindegewebe, das um jede einzelne Muskelfaser und um das Bündel eine Scheide bildet. In gleicher Weise werden mehrere Muskelbündel durch lockeres Bindegewebe zu einem Muskel zusammengefaßt. In dem lockeren Bindegewebe verlaufen die Blutgefäße und Nerven des Muskels, die so zu jeder einzelnen Muskelfaser gelangen. Jede Muskelfaser ist von einem dichten Geflecht feinster Kapillaren von $^5/_{1000}$ mm Durchmesser, den feinsten des Körpers überhaupt, umspannt.

Die meisten Muskeln sind von einer Faszie, einer Haut aus geformtem Bindegewebe von verschiedener Stärke, umgeben. Stärkere Faszien überziehen besonders an den Gliedmaßen Gruppen zusammengehöriger Muskeln und setzen an den Knochen an, die Muskeln auf diese Weise fester unter sich und mit den Knochen verbindend.

Die verschiedenen bindegewebigen Scheiden im Muskel und um den Muskel setzen

sich über die Enden des Muskels fort und stellen so seine Verbindung mit den Knochen bzw. der Knochenhaut oder sonstigen Anheftungsstellen des Muskels her. Dabei gehen die bindegewebigen Fortsätze unmittelbar in die Anheftungsstellen über oder bilden erst eine Sehne, die aus straff geformtem, überaus festem Bindegewebe besteht. Die Sehnen entsprechen in Form und Faserverlauf ihren Muskeln.

Man unterscheidet 1. lange, 2. dicke oder kurze, 3. breite oder flächenförmige Muskeln.

Die langen Muskeln haben parallel verlaufende Muskelfasern; sie verjüngen sich nach dem Ende zu, indem einzelne Muskelfasern vor dem endgültigen Übergang in die Sehne aufhören. Die Sehne bildet dann die längere oder kürzere Fortsetzung des Muskels und verläuft häufig, besonders bei den Muskeln der Gliedmaßen, noch weit als schnurartiger Strang. Die Fasern der dicken Muskeln verlaufen entweder ebenfalls parallel, oder ein Teil ihrer Fasern hört an dem einen Ende vorzeitig auf. Dadurch verlassen auch die übrigen Fasern ihre parallele Richtung, so daß sich der Muskel nach dem Ende zu verjüngt, wie das beim Deltamuskel und anderen der Fall ist. Die breiten Muskeln sind mehr lang und breit als dick und haben daher ebenso wie ihre Sehnen, die man Aponeurosen nennt, Flächenform. Hierher gehören die breiten Bauchmuskeln, der Kappenmuskel, der breite Rückenmuskel, das Zwerchfell und andere. Die Fasern der breiten Muskeln und ihrer Sehnen können parallel oder fächerförmig oder in den verschiedensten Richtungen verlaufen.

Die Anheftungsstellen des Muskels unterscheidet man als Ursprung und Ansatz. Als Ursprung bezeichnet man das der Längsachse des Körpers näher gelegene, als Ansatz das entferntere Ende des Muskels. Manche Muskeln haben mehrere Ursprungsstellen, man spricht dann von mehreren Köpfen des Muskels. Die quergestreiften Muskeln setzen an den Knochen, den Faszien oder der Haut an. Sie sind bei ihrer Zusammenziehung unserem Willen unterworfen. Nur erteilen wir nicht jedem einzelnen Muskel den Reiz zur Zusammenziehung, der Wille erstreckt sich vielmehr auf die Gesamtbewegung, wie Gehen, Sprechen, Armheben und anderes mehr, die Benutzung der einzelnen Muskeln geschieht unbewußt. Die quergestreiften Muskeln ziehen sich, entsprechend der Zusammenziehung ihrer Muskelfasern, schnell, kurz und kräftig zusammen, werden aber leicht müde und bedürfen dann längerer oder kürzerer Ruhe, ehe sie sich wieder zusammenziehen können. Die Zusammenziehung kann nur in der Längsrichtung der Muskelfasern erfolgen, muß also Ursprung und Ansatz einander nähern.

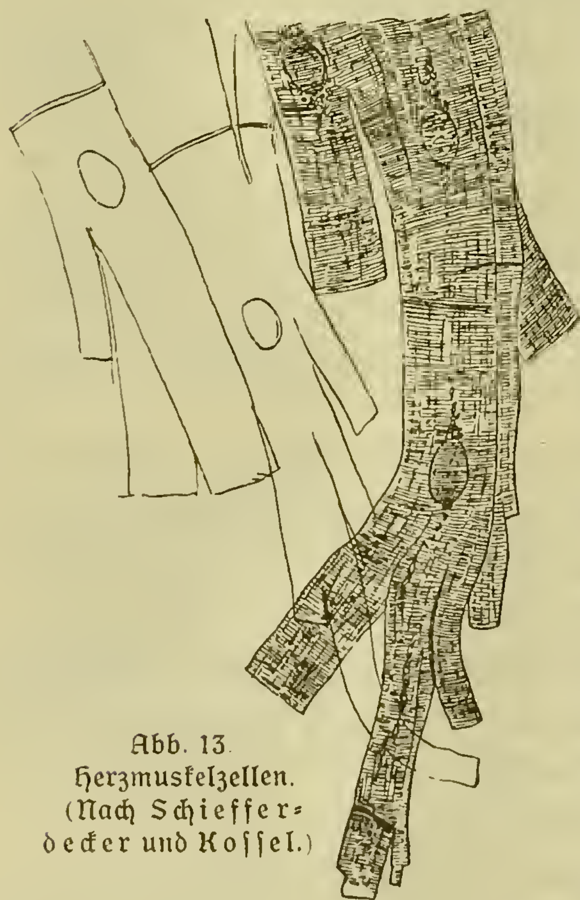


Abb. 13. Herzmuskelzellen. (Nach Schiefferdecker und Kossel.)

c) Der Herzmuskel.

Der Herzmuskel nimmt eine Sonderstellung ein. Er besteht aus quergestreiften Muskelfasern. Diese sind aber nur kurz und, wie die glatten Muskelzellen, durch

Fortsätze miteinander verbunden. Der Herzmuskel besitzt denn auch die Eigenschaften beider Arten von Muskeln. Er zieht sich kräftig zusammen wie die quergestreiften Muskeln, aber nicht in kurzer Zuckung, sondern in langsamer, vollständiger Verkürzung wie die glatten Muskelzellen. (Abb. 13.)

D. Das Nervengewebe.

Das Nervengewebe wird erst in dem Abschnitt „Bau des Nervensystems" (S. 232 u. 240) beschrieben.

II. Ortsbezeichnungen.

Wir müssen, um Weitschweifigkeiten und Mißverständnisse bei der Beschreibung des menschlichen Körpers zu vermeiden, bestimmte Ausdrücke zur Bezeichnung der Lageverhältnisse der einzelnen Körperteile zueinander festlegen.

Jeder Körper ist im Raum nach drei Richtungen hin ausgedehnt, die durch drei Linien oder Achsen bezeichnet werden können. Wir unterscheiden die Längsachse, die Querachse und die Pfeilachse. Die Längsachse verbindet das Kopfende mit dem Fußende und verläuft bei aufrechter Stellung in senkrechter Richtung. Die beiden anderen Achsen verlaufen senkrecht zur Längsachse, liegen also bei aufrechter Stellung in einer wagerechten Ebene. Die Querachse verbindet beide Schultern miteinander und bezeichnet die Breitenausdehnung des Körpers. Die Pfeilachse oder sagittale Achse steht zu der Querachse senkrecht und verbindet Brust mit Rücken. Sie bezeichnet die Tiefenausdehnung des Körpers.

Jede Ebene, die man sich in der Pfeilrichtung durch den Körper gelegt denkt, ist eine sagittale Ebene. Die durch die Mitte des Körpers gelegte sagittale Ebene wird als Medianebene besonders bezeichnet. Jede Ebene, die man sich in der Querrichtung durch den Körper gelegt denkt, heißt Frontalebene.

Die Lage zweier Körperstellen zueinander bestimmt man nach ihrer Lage zur Medianebene. Die der Medianebene nähere Stelle wird als medial gelegen, die entferntere Stelle als lateral gelegen bezeichnet. Bei Stellen der Gliedmaßen spricht man noch von proximal oder distal, je nachdem sie näher oder weiter von dem Ansatz der Gliedmaßen entfernt liegen. Man kennzeichnet weiter die Lage einer Körperstelle am besten mit rückenwärts oder brustwärts und kopfwärts oder fußwärts und, nur in unzweideutigen Fällen, mit oben, unten, vorn, hinten, da letztere Ausdrücke bei Lagewechsel des Körpers leicht zu Verwechselungen Anlaß geben können.

III. Einteilung des menschlichen Körpers. Symmetrie. Größen- und Gewichtsverhältnisse.

Einteilung des menschlichen Körpers: Der menschliche Körper besteht aus dem Stamm (Rumpf mit Kopf und Hals) und den Gliedmaßen (Beine und Arme). Der wichtigste Teil ist der Stamm. Er enthält alle lebenswichtigen Organe des Körpers. Die Beine dienen ihm gewissermaßen nur als bewegliches Stativ, die Arme als Werkzeug für seine Betätigung in der Außenwelt, sei es, Gefahren abzuwehren, sei es, sich die Gegenstände der Außenwelt zur Erhaltung des eigenen Lebens nutzbar zu machen. Die Beine sind ihrer Tätigkeit entsprechend stämmig gebaut und in fester, straffer Ver-

bindung mit dem Rumpf. Die Arme sind dagegen leichter gebildet und bei weitem beweglicher mit dem Rumpf verbunden.

Der Rumpf bildet die Wandungen für zwei Höhlen, die vorn liegende Leibeshöhle und den hinten liegenden Wirbelkanal. Die Leibeshöhle wird wieder durch eine Querwand, das Zwerchfell, in Brusthöhle und Bauchhöhle mit Beckenhöhle geteilt und beherbergt die Ernährungsorgane im weitesten Sinne (Herz und Lungen mit eingeschlossen) und die Fortpflanzungsorgane. Die Zugänge zu den Ernährungsorganen befinden sich an der Vorderseite des Kopfes und des Halses. Der Wirbelkanal und seine Fortsetzung, die Schädelhöhle, enthalten die Zentralorgane des Nervensystems, Gehirn und Rückenmark, deren Aufgabe es ist, sämtliche Tätigkeiten des menschlichen Körpers, Ernährung und Fortpflanzung, Ortsbewegung und Betätigung nach außen, zu regeln. (Abb. 14.)

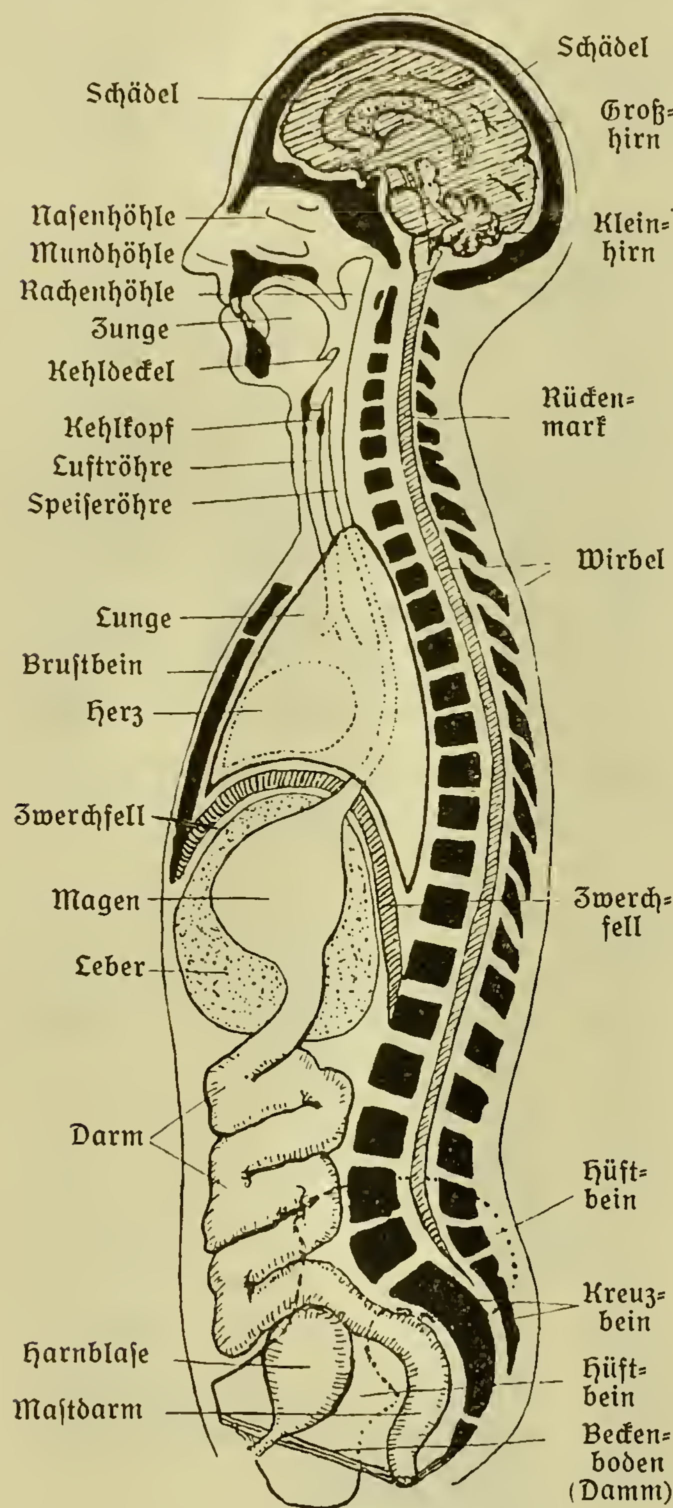


Abb. 14. Die Lage der Organe in der Mittelebene des Körpers. Schema. (Nach Zander.)

Die Knochen geben dem Stamm und den Gliedmaßen festen Halt. Sie sind ihrem Zweck entsprechend geformt und durch Gelenke und Bänder fest oder gegeneinander beweglich verbunden. Die Muskeln bewegen die Knochen und damit die ganzen Körperteile gegeneinander. Sie ergänzen zugleich, gemeinsam mit verschiedenen Häuten und Faszien, am Rumpf die von den Knochen nur als Gestell vorgebildeten Wandungen der Leibeshöhle.

Der ganze menschliche Körper ist von einem doppelten Kanalsystem durchzogen, das die Zuführung der Nährstoffe zu allen Teilen des Körpers und die Fortschaffung der Abfallstoffe vermittelt. Außerdem dringen die Nervenstränge als Leitungsdrähte für Anordnungen des Zentralnervensystems und für Nachrichten aus dem Körper an das Zentralnervensystem in alle Körperteile. Der ganze Körper ist schließlich von der Haut bedeckt.

Symmetrie: Das Äußere des menschlichen Körpers ist symmetrisch gebaut, das heißt, die beiden rechts und links von der Medianebene gelegenen Körperhälften sind ihr gegenseitiges Spiegelbild. Die Symmetrie erstreckt sich nur zum Teil auf die Körperhöhlen. Sie wird schon in der Brusthöhle und namentlich in der Bauchhöhle durchbrochen.

Größen- und Gewichtsverhältnisse: Zur Beurteilung der Größen- und Gewichtsverhältnisse sollen nur einige Durchschnittszahlen angeführt werden. Die Körpergröße beträgt beim Manne durchschnittlich 170 cm, beim Weibe etwa 10 cm weniger. Der Brustumfang soll in Ausatmungsstellung die Hälfte der Körperlänge betragen, der Brustspielraum (Unterschied zwischen tiefster Ausatmung und Einatmung) etwa 8—10 cm. Der Umfang des Bauches in Hüftkammhöhe ist 1—2 cm geringer als der Brustumfang in Ausatmungsstellung.

Die Vitalkapazität (s. S. 162) soll nach dem Ziemssenschen Quotienten so groß sein, daß $\frac{\text{Vitalkapazität}}{\text{Körperlänge}}$ beim Manne mindestens 18, bei der Frau mindestens 12 beträgt. Der Ziemssensche Quotient ist für Leute, die ihren Körper regelmäßig geübt haben, zu niedrig gegriffen.

Nach Pignet beträgt Körpergröße — [Körpergewicht in kg + Ausatmungsbrustumfang]:

bei besonders kräftigen Leuten . . . . . unter 10
bei kräftigen Leuten . . . . 10—20
bei schwachen (besser: mittelkräftigen) Leuten . 21—30
bei sehr schwachen (besser: schwächlichen) Leuten 31—35
bei besonders schwachen Leuten . . . . . . über 35

Es gibt verschiedene Systeme, die Größenverhältnisse des menschlichen Körpers nach einheitlichen Gesichtspunkten darzustellen. Am anschaulichsten ist es, die Kopfhöhe als Maß anzunehmen. (Abb. 15.) Die Kopfhöhe beträgt beim Erwachsenen den 8. Teil der Körperlänge. Es mißt also der Körper nach Geyer:

beim Erwachsenen . . . . 8 Kopfhöhen
beim Neugeborenen . . . . 4 =
beim einjährigen Kinde . $4\frac{3}{4}$ =
beim zweijährigen Kinde . 5 =
beim $4\frac{1}{2}$ jährigen Kinde . 6 =
beim 12 jährigen Menschen 7 =
beim 15 jährigen Menschen $7\frac{1}{2}$ =

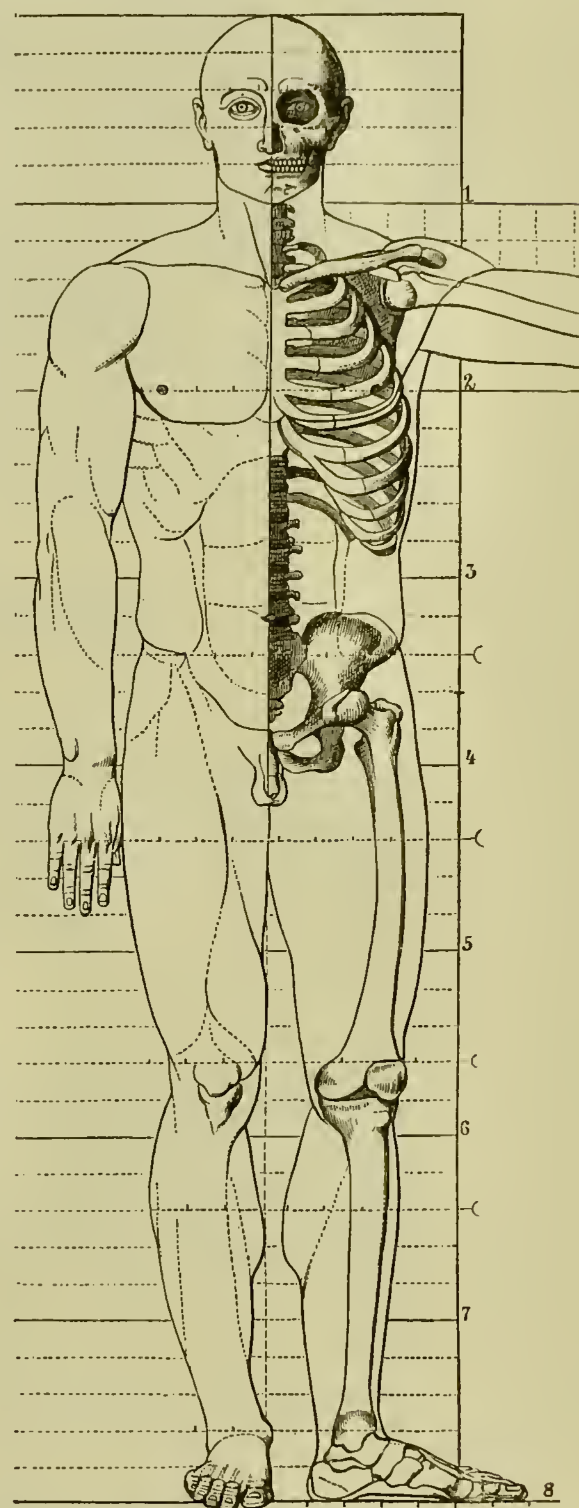


Abb. 15. Kanon von 8 Kopfhöhen. (Nach Kollmann.)

Nach Kollmann beträgt:

die Länge des Oberarmes
die Länge des Unterarmes } . . . . je 1 Kopfhöhe.
Die Länge des Unterschenkels vom Schienbeinhöcker bis zum unteren Rande der Ferse . . . . 2 Kopfhöhen.
Die Länge des Oberschenkels vom Schoßbein bis zum Schienbeinhöcker . . . . 2 =

Die Mitte des Körpers liegt in Schoßbeinhöhe, sie trennt Oberhöhe von Unterhöhe, die also jede 4 Kopfhöhen messen. Die Oberhöhe wird wieder in Brustwarzenhöhe in 2 Doppelkopfhöhen geteilt.

Die äußersten Punkte beider Schulterhöhen sind 2 Kopfhöhen, die beiden vorderen oberen Darmbeinstachel 1 Kopfhöhe voneinander entfernt. Die Dicke des Oberschenkels beträgt $^{4}/_{5}$, die der Wade $^{3}/_{5}$ und die Breite des Fußes im Bereiche der Zehenballen $^{2}/_{5}$ Kopfhöhe. Die Entfernung des Brustbeines von den Spitzen der Dornfortsätze und ebenso des vorderen Schoßbeinrandes vom äußersten Punkte des Gesäßes beträgt $1^{1}/_{5}$ Kopfhöhe. Die umstehende Figur nach Kollmann veranschaulicht die Proportionen ausgezeichnet. Auf weitere Proportionsschlüssel soll hier nicht eingegangen werden.

Der Umfang des Oberarmes beträgt durchschnittlich beim Manne 28 cm, bei der Frau 26 cm, der Umfang des Unterarmes am Handgelenk 19 bzw. 18 cm, der Umfang des Oberschenkels an seiner dicksten Stelle 51 cm, der Umfang der Wade 37 cm.

Es handelt sich natürlich nur um Mittelwerte, die in Wirklichkeit nach Rasse, Geschlecht und Individualität sehr verschieden sind.

Erster Teil.

Der äußere Aufbau des menschlichen Körpers.

(Vereinigte Knochen-, Bänder- und Muskellehre.)

Erstes Kapitel.

Der Stamm des Körpers.

Erster Abschnitt.

Die Knochen, Gelenke und Bänder des Stammes.

I. Regelrechte Formen.

Der wichtigste Teil des menschlichen Körpers ist der Rumpf mit Kopf und Hals (Stamm). Ihm dient die Wirbelsäule als feste Stütze. Die Wirbelsäule steht bei aufrechter Körperhaltung auf dem Becken und trägt an ihrem oberen Ende den Schädel. An der Brustwirbelsäule ist der Brustkorb aufgehängt. (Abb. 16.)

1. Die Wirbelsäule.

Die Wirbelsäule besteht aus dem Kreuzbein mit Steißbein und 24 einzelnen, miteinander beweglich verbundenen Teilen, den wahren Wirbeln. Das Kreuzbein mit Steißbein bildet zwar das untere Ende der Wirbelsäule, ist aber mit den Beckenknochen so unzertrennlich verbunden, daß man es aus praktischen Gründen besser ganz zum Becken rechnet, wo es auch näher beschrieben werden soll.

A. Statik der Wirbelsäule, ihre physiologischen Krümmungen und deren Entstehung.

Die Wirbelsäule hat zwei Funktionen. 1. Sie soll dem Rumpf als Stütze dienen, soll ihn tragen. Dieser Aufgabe könnte sie am besten als fester, starrer Stab nachkommen. 2. Sie soll eine Beweglichkeit des Rumpfes ermöglichen. Zu dem Zweck ist die Wirbelsäule aus 24 wahren Wirbeln zusammengesetzt. Diese sind gelenkig miteinander verbunden und können nach den verschiedenen Himmelsrichtungen gegeneinander gebeugt und um die senkrechte Achse nach beiden Seiten gedreht werden. Sofort entstehen Schwierigkeiten für den festen Aufbau. Denn bei jeder Bewegung wechselt der Schwerpunkt, und es weichen die Längsachse der Wirbelsäule und die Höhendurchmesser der einzelnen Wirbel bei jeder Bewegung von ihrer ursprünglichen Richtung ab. Daher muß der von oben kommende Druck im Sinne einer Abknickung der Längsachse der Wirbelsäule wirken und somit die betreffenden Wirbel seitlich oder nach vorn oder hinten aus dem

Gefüge der Wirbelsäule herauszudrängen suchen. Die Wirbelsäule ist außerdem dem Zug der schweren, an ihr aufgehängten Brust- und Baucheingeweide ausgesetzt, der bei jeder Lageveränderung des Körpers eine andere, aber immer eine von der Längsachse der Wirbelsäule abweichende Richtung annimmt. Die Verbindungen der Wirbelsäule sind durch diese dauernd wechselnde Belastung und diesen dauernd wechselnden Zug so gewaltigen Ansprüchen ausgesetzt, daß sie nur bei besonderer Festigkeit vor Schädigungen bewahrt bleiben können. Diese vielseitigen Ansprüche an die Verbindungen der Wirbelsäule sind dem Menschen eigentümlich. Sie entstehen erst durch die aufrechte Körperhaltung, die den Menschen von fast allen anderen Lebewesen unterscheidet. Die Belastungsverhältnisse sind bei den vierfüßigen Tieren, die dem Menschen am nächsten stehen, wesentlich einfacher. Die Wirbelsäule gewinnt hier durch ihre wagerechte Lage zwei Unterstützungspunkte, an den vorderen und hinteren Gliedmaßen. Sie hat daher am Erhalten der Körperstellung nur wenig Anteil, muß vielmehr im wesentlichen nur den Zug der Brust- und Baucheingeweide, und zwar immer in annähernd derselben Richtung, nach unten, senkrecht zu ihrer eigenen Längsachse, aushalten. Sie verläuft in einem die ganze Wirbelsäule umfassenden, nach dem Rücken

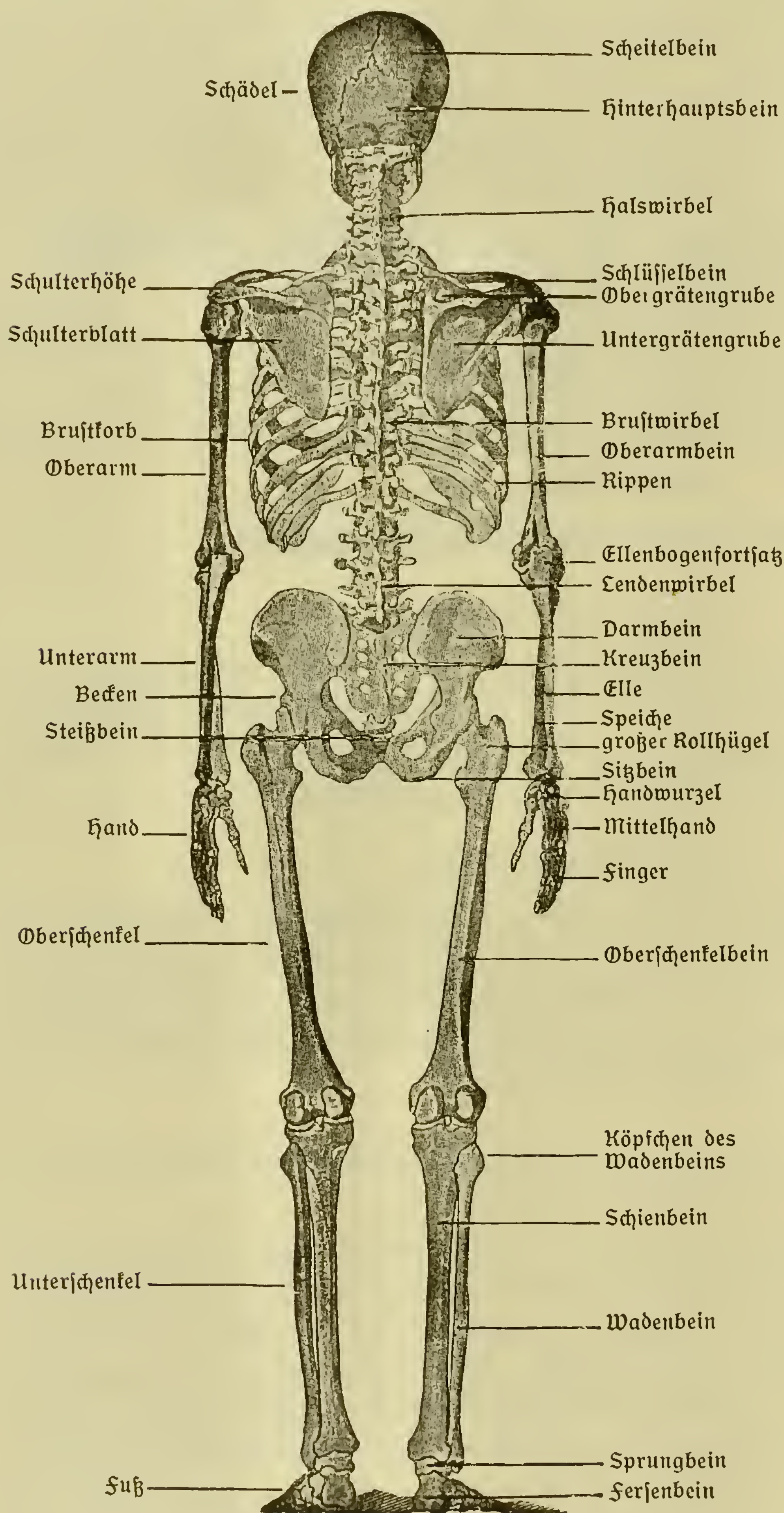


Abb. 16. Skelett (Rückenansicht). (Nach Schider.)

konvexen Bogen (Totalkyphose), wodurch eine Durchbiegung nach der Bauchseite erschwert wird.

Ähnlich liegen die Verhältnisse bei dem kleinen Kinde, wenn es seine ersten Fortbewegungsversuche in kriechender Stellung macht. Erst beim Aufrichten des Kindes beginnen die beschriebenen Schwierigkeiten für die nun auf einem Unterstützungspunkt balancierende Wirbelsäule.

Zugleich bewirkt das Aufrichten des Kindes eine eingreifende Veränderung der Gesamtgestalt der Wirbelsäule. Sie erhält ihre natürlichen oder physiologischen Krümmungen. Der Halsteil bekommt eine nach vorn konvexe Krümmung (Lordose), der Brustteil eine nach hinten konvexe Krümmung (Kyphose) und der Lendenteil wieder eine nach vorn konvexe Krümmung (Lordose). Außerdem wird die Lendenwirbelsäule durch einen scharf nach vorn springenden Winkel, das Vorgebirge, gegen das Kreuzbein abgesetzt. Wichtig ist, daß all diese physiologischen Krümmungen in der Medianebene liegen und nicht seitlich abweichen. Von einer meist vorhandenen, ganz geringen rechts konvexen seitlichen Krümmung der Brustwirbelsäule kann für die Zwecke des Buches abgesehen werden. (Abb. 17.)

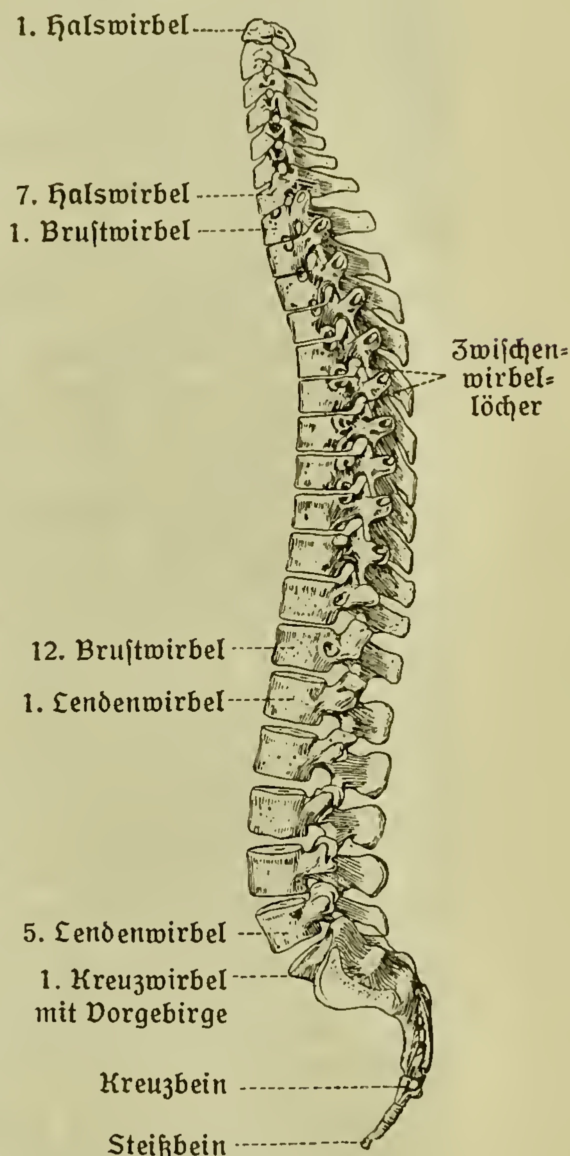


Abb. 17. Die knöcherne Wirbelsäule, von links. $1/8$ nat. Größe. (Bardeleben.)

Die Entstehung dieser physiologischen Krümmungen geht folgendermaßen vor sich. Die Wirbelsäule des Kindes ist ursprünglich geradlinig, oder richtiger, in einer Totalkyphose angelegt (ein gleichmäßig die ganze Wirbelsäule einschließlich Kreuzbein umfassender, rückenwärts konvexer Bogen). Sie ist dabei noch nicht fest und verknöchert, sondern knorpelig biegsam. Die dauernde Rückenlage während der ersten Lebensmonate bewirkt keine Veränderung, höchstens liegt sich dabei auch die leichte Totalkyphose vorübergehend aus. Schon nach zwei Monaten, einmal später, einmal früher, haben sich die Nackenmuskeln des Kindes so gekräftigt, daß sie den Kopf frei halten und energisch bewegen können. Das Kind ist nun, in Bauchlage gebracht, bald imstande, den Kopf rückenwärts zu heben, in dieser Lage zu halten, zu drehen und neugierig die Welt zu besehen. (Abb. 56.) Das ist eine ausgezeichnete Übung der Nackenmuskeln, des oberen Teiles der Strecker der Wirbelsäule. So entsteht bereits eine Halslordose (nach vorn konvexe Biegung der Halswirbelsäule), die freilich bei anderer Lage des Kindes sofort wieder verschwindet, aber doch die künftige physiologische Halslordose bereits vorbereitet. Im sechsten Monat versucht das Kind, sich im Bettchen zum Sitzen aufzurichten, im wesentlichen eine Leistung der Bauchmuskeln. Die Streckmuskeln des Rückens sind noch zu schwach, um die Wirbelsäule dabei in Streckung zu erhalten. Diese sinkt daher zu einer über die ganze Wirbelsäule sich erstreckenden Kyphose bauchwärts zusammen. Bald versucht das Kind, sich auch in sitzender Stellung umzusehen, es hebt den Kopf, und sofort

tritt neben der Kyphose des Brust- und Lendenteils der Wirbelsäule die schon beim Liegen auf dem Bauch vorbereitete Halslordose wieder hervor. Auch diese Krümmungen verschwinden bei der Weichheit der kindlichen Knochen sofort beim Hinlegen, kaum, daß der Brustteil sich seiner künftigen kyphotischen Krümmung schon etwas anpaßt. Die endgültige Gestalt der Wirbelsäule erscheint erstmalig beim ersten Aufrichten des Kindes zum Stand. Bis dahin vergehen aber noch einige Monate. Inzwischen begnügt sich das Kind nicht mehr mit dem Greifen nach begehrenswerten Gegenständen in seiner Nähe, es will vielmehr auch ferner liegende, interessante Gegenstände in Besitz nehmen. Daher muß es sich von der Stelle bewegen. Dies geschieht zuerst durch Kriechen auf allen Vieren, eine zur Kräftigung und zugleich Schonung der Wirbelsäule ausgezeichnete Stellung, wie aus den Bemerkungen über die Belastungsverhältnisse der Wirbelsäule bei den Vierfüßlern ohne weiteres geschlossen werden kann. Das Kind will weiter auch höher liegende Gegenstände fassen und versucht, sich an Wänden und Möbeln hochzurichten, bis ihm die aufrechte Stellung endgültig gelingt. Dabei muß das Becken, das sich beim Kriechen auf allen Vieren in einer Beugestellung zum Oberschenkel befindet, im Hüftgelenk gegen den Oberschenkel gestreckt, d. h. rückenwärts aufgerichtet werden. Diese Aufrichtung des Beckens beträgt aber nicht, wie man annehmen sollte, einen rechten Winkel, sondern nur etwa 45°. Während nämlich die Ebene, die man sich durch beide vorderen oberen Darmbeinhöcker und den vorderen Rand der Schoßfuge gelegt denkt, in der Vierfüßlerstellung bauchwärts um etwa 45° gegen die horizontale Ebene geneigt ist, wird das Becken beim Aufrichten so weit um die beide Hüftgelenke verbindende Achse gedreht, daß die erwähnte gedachte Ebene senkrecht zur horizontalen Ebene, mit anderen Worten, in einer frontalen Ebene steht. (Abb. 18.)

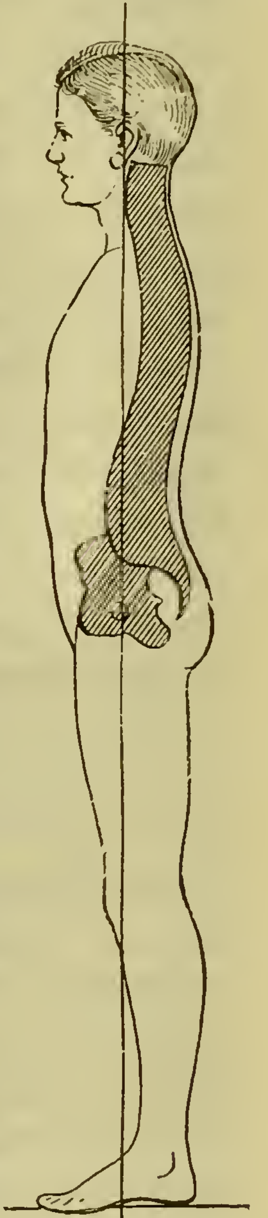


Abb. 18. Normalhaltung (Nach Staffel.)

Die Drehung des Beckens liegt im wesentlichen dem großen Gesäßmuskel ob, der von der Hinterfläche des Kreuzbeins und Darmbeins zum Oberschenkel verläuft. Eine weitere Drehung wird durch das kräftige Bertinische Band verhindert, das vom vorderen unteren Darmbeinstachel vorn über das Hüftgelenk zur vorderen Rollhügellinie verläuft und durch diese Streckbewegung gespannt wird. Es läßt die gekennzeichnete Drehung in der ersten Zeit noch nicht einmal in vollem Umfange zu. Die Kinder stehen daher mit vorgebeugtem Oberkörper und zum Ausgleich des Schwergewichts mit krummen Knieen. Daher fallen die Kinder beim Stehenlernen immer nach vorn, eine sehr nützliche Einrichtung, da ein Fall nach rückwärts leicht Verletzungen und Erschütterungen des Kopfes zeitigen könnte.

Die Längsachse des Kreuzbeins bildet bei der für vollkommene Aufrichtung beschriebenen Beckenstellung mit der wagerechten Ebene einen nach vorn offenen Winkel von etwa 45°. Dadurch wird der Schwerpunkt des Körpers nach vorn, nahezu senkrecht über die Verbindungsachse beider Hüftgelenke verlegt. Da das Kreuzbein das hintere Ende des Beckens bildet und das Schwergewicht des Körpers zu tragen

hat, müßte auch der Schwerpunkt bei senkrechter Stellung des Kreuzbeins weit hinter der Unterstützungslinie des Beckens liegen und ein Rückwärtsfallen herbeiführen. Diese Gefahr wird, wie gesagt, durch die Anspannung des Bertinischen Bandes verhindert.

Die Wirbelsäule würde in der Verlängerung des Kreuzbeines schräg nach vorn oben verlaufen. Sie wird daher von den Streckmuskeln des Rückens, die sie zu beiden Seiten in ihrer ganzen Länge begleiten, zu einem rückenwärts konkaven Bogen überstreckt. Die biegende Kraft muß am stärksten unmittelbar über dem Kreuzbein ansetzen, da dieses durch seine Unbeweglichkeit den größten Widerstand leistet. So entsteht allmählich eine scharfe, bauchwärts vorspringende Abknickung, das Vorgebirge oder Promontorium. Das Vorgebirge springt noch schärfer hervor, da der Druck der Wirbelsäule und der Zug der beiden Lenden- (Darmbein-) muskeln allmählich die stark ausgeprägte, bauchwärts konkave Krümmung des Kreuzbeins herausarbeitet. Der Zug der Streckmuskeln des Rückens kann aber nur bis zum Gipfelpunkt der ursprünglichen Totalkyphose der Wirbelsäule voll zur Geltung kommen, zumal der vorwärts abwärts gerichtete Zug der schweren, an der Lendenwirbelsäule aufgehängten Baucheingeweide und der Lenden- (Darmbein-) muskeln die lordotische Krümmung gerade der Lendenwirbelsäule noch besonders herausmodellieren hilft, andererseits der gerade Bauchmuskel den Brustteil der Wirbelsäule vorwärts im Sinne der ursprünglichen Totalkyphose weiter beugt. So entsteht durch Zusammenwirken der genannten Kräfte die physiologische Lendenlordose und Brustkyphose. Letztere ist notwendig, weil die Wirbelsäule durch die Lendenlordose nun nach hinten oben gerichtet und damit der Schwerpunkt zu weit nach hinten verlagert würde. Das notwendige Ausbalancieren des Schwerpunktes bestimmt das richtige Verhältnis von Kraft, mit der Rückenstrecker und gerade Bauchmuskeln ihre formgebende Arbeit verrichten. Nun würde aber der obere Teil der Brustwirbelsäule wieder nach vorn oben gerichtet sein und die Neigung des Kopfes, vornüber zu sinken, vermehren. Dies verhindern die Nackenmuskeln, die Kopf und Halswirbelsäule rückwärts ziehen und so die physiologische Halslordose herausarbeiten.

Damit sind alle physiologischen Krümmungen der Wirbelsäule erstmalig entstanden. Sie liegen, wie schon erwähnt, sämtlich in der Medianebene. Die Zugkräfte, die wir bei ihrer erstmaligen Entstehung an der Arbeit sahen, üben bei jedem folgenden Aufrichten die gleichsinnige Wirkung aus, bis die Krümmungen bei zunehmender Festigkeit der Wirbelsäule etwa im 6.—8. Lebensjahre dauernd geworden sind und sich auch bei gewöhnlicher Rückenlage nicht mehr völlig ausgleichen. Außer den formenden mechanischen Kräften wirkt dabei auch die Vererbung mit, indem die Wirbel an verschiedenen Stellen ein größeres oder geringeres Wachstum zeigen. Dabei bleiben aber die einzelnen Wirbel gegeneinander beweglich, so daß die Krümmungen der Wirbelsäule auch weiterhin in entsprechender günstiger Lage oder Stellung des Körpers durch Bewegungen verstärkt oder verringert oder in ihr Gegenteil verkehrt werden können.

Die physiologischen Krümmungen der Wirbelsäule sind, wie wir sahen, zum großen Teil durch mechanische Kräfte entstanden. Und doch sind sie daneben, wie so viele Einrichtungen des menschlichen Körpers, außerordentlich zweckvoll. Sie schwächen alle Stöße

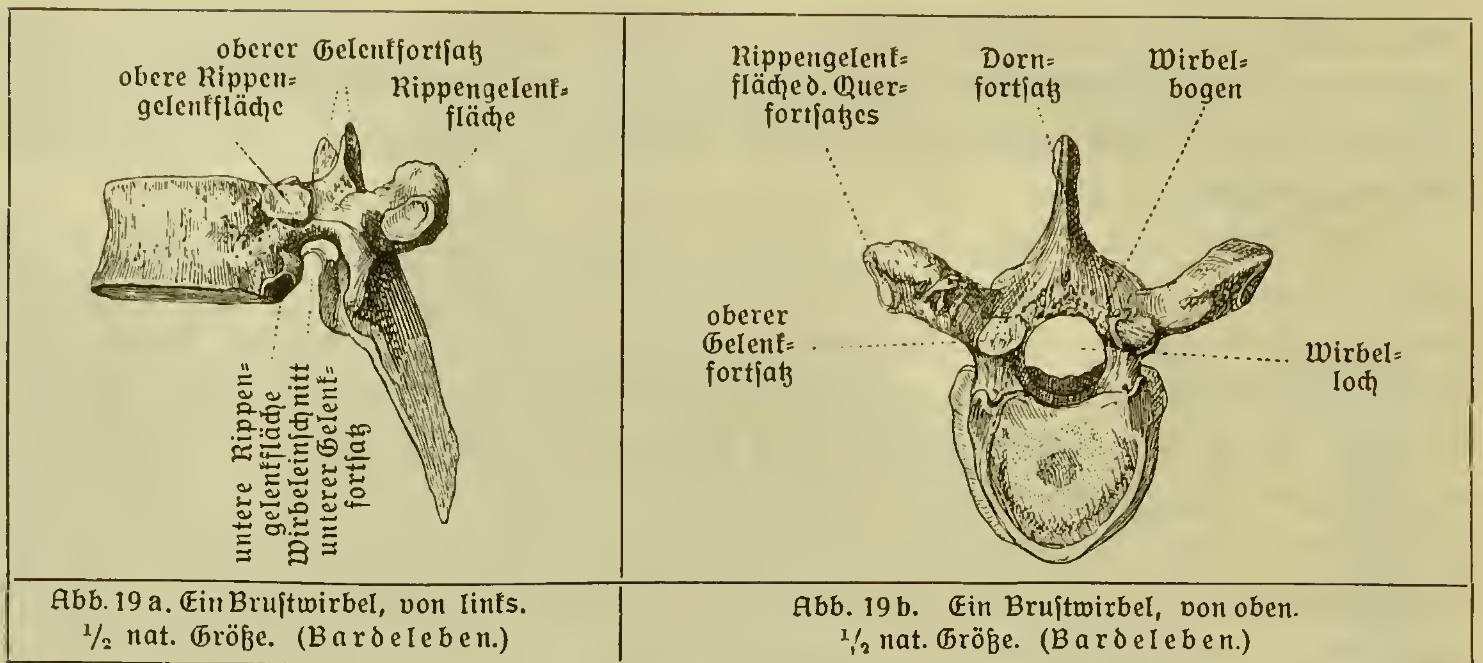


Abb. 19a. Ein Brustwirbel, von links. $1/2$ nat. Größe. (Bardeleben.)

Abb. 19b. Ein Brustwirbel, von oben. $1/2$ nat. Größe. (Bardeleben.)

gegen die Füße oder das untere Rumpfende ab, die, geradlinig fortgepflanzt, Gehirn oder Rückenmark durch Erschütterung schwer schädigen könnten. Wie groß die Abschwächung sein muß, kann man sich am besten beim Einschlagen eines Nagels vergegenwärtigen. Der Nagel rückt zunächst bei jedem Hammerschlag kräftig vorwärts. Sobald er aber durch einen Schlag in falscher Richtung eine Krümmung erhält, geht er nicht mehr tiefer. Denn die Kraft des Schlages wird größtenteils zurückgefedert, wie man deutlich an der Hand verspürt. In gleicher Weise federn die Krümmungen der Wirbelsäule Stöße zurück.

B. Zusammensetzung der Wirbelsäule.

Die 24 wahren Wirbel werden eingeteilt in 7 Halswirbel, 12 Brustwirbel, 5 Lendenwirbel.

Jeder Wirbel besteht 1. aus dem massigen Wirbelkörper, der bei aufrechter Stellung des Menschen vorn gelegen ist, 2. aus dem Wirbelbogen, der wie der Ausschnitt eines Ringes hinten an den Wirbelkörper ansetzt, mit dem Wirbelkörper einen Vollring bildet und das Wirbelloch zwischen sich faßt. Die Wirbel sind derart einer über den anderen gesetzt, daß die Wirbellöcher einen durch die ganze Wirbelsäule fortlaufenden Kanal, den Wirbelkanal, bilden. Im Wirbelkanal liegt das Rückenmark, das sich nach oben durch das Hinterhauptsloch des Schädels in den Hirnstock fortsetzt, nach unten in einzelne Nervenstränge spaltet, die in dem Kreuzbeinkanal verlaufen. An der Grenze zwischen Wirbelkörper und Wirbelbogen befindet sich jederseits oben ein flacher, unten ein tiefer Ausschnitt. Beide ergänzen sich mit den entsprechenden Ausschnitten des nächsthöheren bzw. unteren Wirbels zu den Zwischenwirbellöchern für den Durchtritt der aus dem Rückenmark austretenden Nerven und zur Aufnahme des Zwischenwirbellochganglion. Vom Wirbelbogen ragen hinter dem oberen flachen Ausschnitt 3. die beiden oberen Gelenkfortsätze nach oben, hinter dem unteren tiefen Ausschnitt 4. die beiden unteren Gelenkfortsätze nach unten. Von der Seite gesehen, liegen die unteren Gelenkfortsätze etwas hinter den oberen Gelenkfortsätzen. Die oberen Gelenkfortsätze zeigen hinten, die unteren vorn eine überknorpelte Stelle zur Gelenkverbindung mit den unteren bzw. oberen Gelenkfortsätzen des höheren bzw. tieferen Wirbels. Etwas weiter hinten, aber noch an der

Seite des Wirbelbogens, gehen nach beiden Seiten 5. die beiden Querfortsätze ab, schließlich hinten 6. der unpaare Dornfortsatz. Querfortsätze und Dornfortsatz dienen im wesentlichen Muskeln zum Ansatz. Jeder Wirbelbogen trägt also 7 Fortsätze, und zwar 4 (2 Paare) Gelenkfortsätze, 2 Querfortsätze, 1 Dornfortsatz. Nach diesem Schema sind sämtliche Wirbel gebaut, sie zeigen jedoch im einzelnen Abweichungen. (Abb. 19.)

Zunächst fällt auf, daß die Wirbel von oben nach unten immer größer und massiger werden. Die Halswirbel sind demnach die kleinsten. (Abb. 20.) Ihre Querfortsätze sind verbreitert und in der Richtung von oben nach unten durchbohrt. Durch diese auf beiden Seiten übereinanderliegenden Löcher zieht die Wirbelschlagader nach oben, um einen Teil des Gehirns mit Blut zu versorgen. An diesen Querfortsatzlöchern kann man jederzeit einen einzelnen Halswirbel als solchen erkennen. Die Dornfortsätze des 6. und 7. Halswirbels entsprechen dem Wirbelschema, der des 7. Halswirbels ragt besonders stark hervor und kennzeichnet so den 7. Halswirbel als obersten, unter der Haut leicht erkennbaren Wirbel. Man kann die Wirbel von dort aus nach unten abzählen. Die Dornfortsätze der übrigen Halswirbel zeigen zwei spitze Ausläufe und werden nach oben zu immer kürzer. Der Atlas hat an Stelle des Dornfortsatzes nur einen kleinen Höcker, den hinteren Höcker des Atlas.

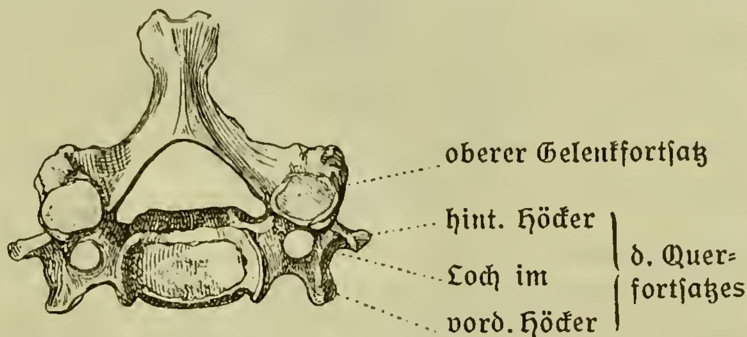


Abb. 20. 5. Halswirbel, von oben. ½ nat. Größe. (Bardeleben.)

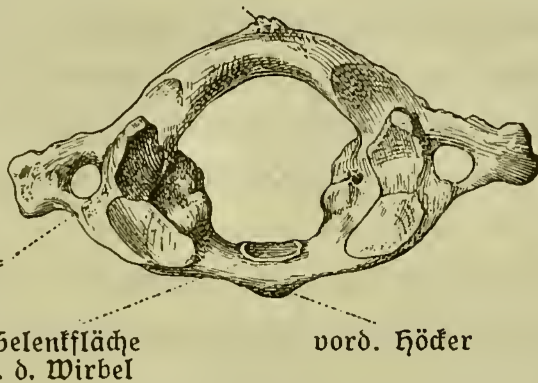


Abb. 21 a. Der Träger oder Atlas, von oben. ½ nat. Größe. (Bardeleben.)

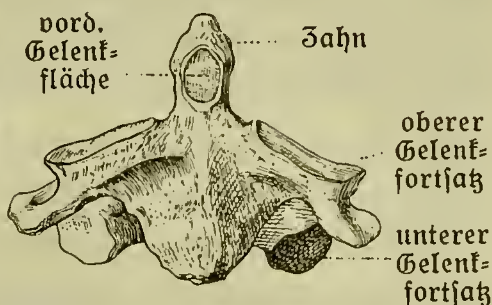


Abb. 21 b. Der Epistropheus, von vorn. ½ nat. Größe. (Bardeleben.)

Auch sonst nehmen die beiden ersten Halswirbel eine besondere Stellung ein. (Abb. 21.) Der 1. Halswirbel, der Atlas, besitzt keinen Körper, sondern nur einen vorderen Bogen, der an seiner Vorderseite den vorderen Höcker des Atlas, an seiner Hinterseite, also nach dem Wirbelloch zu, eine überknorpelte Gelenkfläche zeigt. Der Körper des Atlas ist mit dem Körper des Epistropheus (2. Halswirbel) verwachsen und ragt als Zahnfortsatz nach oben zur Gelenkverbindung mit dem vorderen Bogen des Atlas. Die oberen Gelenkfortsätze des Atlas haben eine veränderte Gestalt angenommen. Sie zeigen vertiefte, länglichrunde, ausgehöhlte Gelenkflächen, die der Gestalt der Gelenkflächen des Schädels angepaßt sind.

Die Körper der Brustwirbel besitzen zu beiden Seiten hinten, oben und unten je eine halbe überknorpelte Gelenkfläche. (Abb. 19.) Die Rippen setzen nämlich mit Ausnahme der 1., 11. und 12. an der Grenze zweier Wirbelkörper und den dazu gehörigen Zwischenwirbelscheiben an. Die Verteilung der Gelenkflächen an dem 1, 10., 11. und 12. Wirbel ergibt sich danach von selbst, braucht aber natürlich als Gedächtnisbelastung

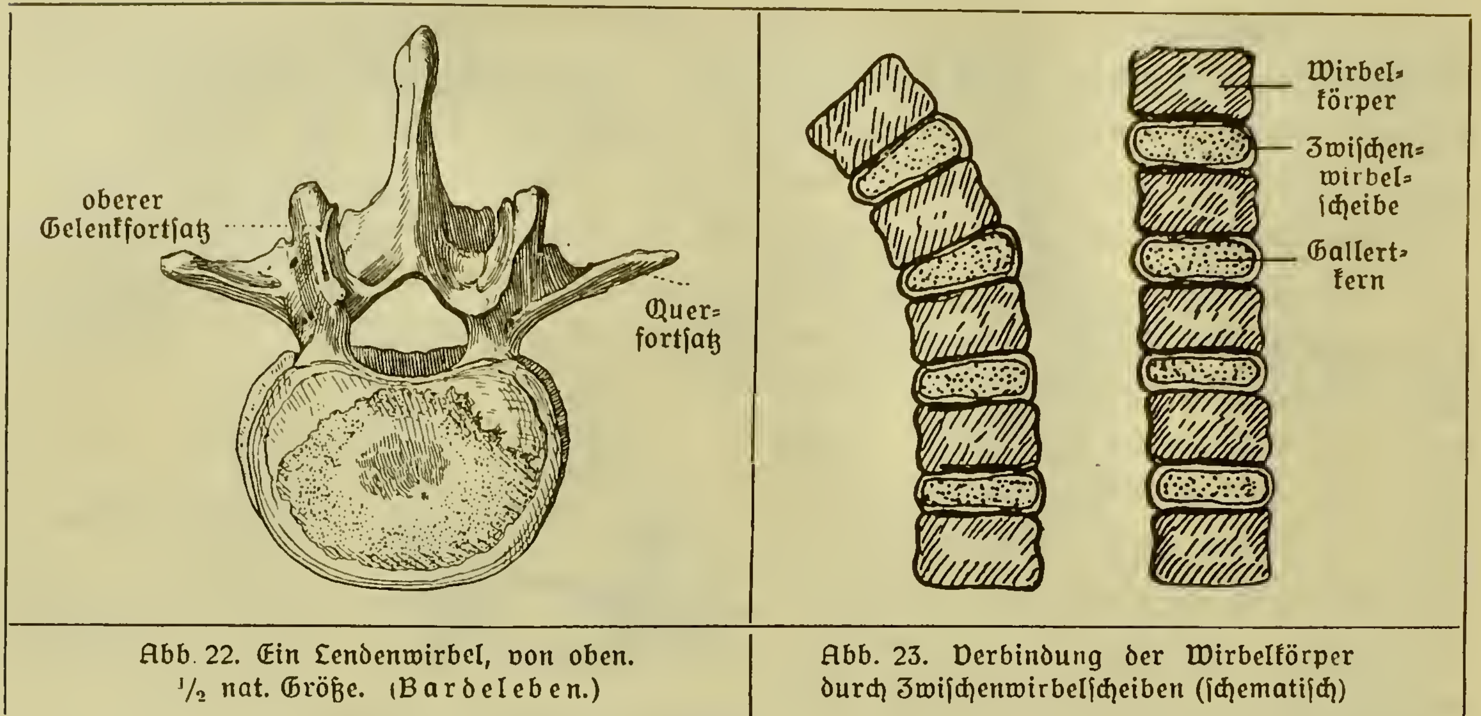


Abb. 22. Ein Lendenwirbel, von oben. 1/2 nat. Größe. (Bardeleben.)

Abb. 23. Verbindung der Wirbelkörper durch Zwischenwirbelscheiben (schematisch)

nicht gemerkt zu werden. Außerdem sieht man an der Spitze der Querfortsätze ebenfalls je eine kleine Gelenkfläche zur Gelenkverbindung mit dem Rippenhöcker. An diesen verschiedenen Gelenkflächen kann man einzelne Brustwirbel stets als solche erkennen. Auch die Richtung der Dornfortsätze ist für die Brustwirbel kennzeichnend: Sie gehen nicht geradeaus nach hinten, sondern schräg nach hinten und unten und decken sich so dachziegelförmig. (Abb. 17.)

Die Lendenwirbel sind massig und groß. (Abb. 22.) Ihre Körper haben beim Erwachsenen eine im Sagittalschnitt leicht keilförmige Gestalt angenommen, und zwar sind sie vorn höher als hinten. Sie sind von den unteren Brustwirbeln, die ihnen an Größe nahe kommen, durch das Fehlen der Gelenkflächen unterschieden. Mit den Halswirbeln wird man sie bei dem gewaltigen Größenunterschied nicht verwechseln.

C. Gelenke und Bänder der Wirbelsäule. (Die Zwischenwirbelscheiben.)

Die Verbindung der einzelnen Wirbel muß fest und gleichzeitig beweglich sein.

1. Namentlich die Zwischenwirbelscheiben (Abb. 23), die die Körper aller benachbarten Wirbel miteinander verbinden, dienen diesem doppelten Zweck. Sie bestehen aus einer knorpeligen Schale mit einem zähflüssigen Gallertkern. Dieser Kern verändert als flüssige Masse bei jeder Bewegung seine räumliche Verteilung. Er weicht von der Seite des Druckes, d. h. der Richtung, nach der eine Beugung der Wirbelsäule erfolgt, nach der entgegengesetzten Richtung, der Seite der Dehnung, aus und zwingt so die knorpelige Schale von innen heraus in die entsprechende Form. Dadurch wird eine außerordentliche Beweglichkeit erzielt und gleichzeitig die größte erreichbare Festigkeit der Verbindung gewährleistet, da ja die Dicke und Festigkeit der Schale unverändert bleibt. Im Laufe der Jahre verändern sich die Zwischenwirbelscheiben durch allmählichen Schwund der Gallertkerne. Daher die allmähliche Abnahme der Beweglichkeit und schließliche Steifheit der Wirbelsäule im Greisenalter. Auch die tatsächliche Abnahme der Körpergröße im Greisenalter beruht unmittelbar auf dem Schwund des Gallert-

kerns, ebenso mittelbar die noch erheblich größere, scheinbare Abnahme, die durch starke Vorwärtsbeugung der gesamten Wirbelsäule vorgetäuscht wird. Denn neben der Schwäche der Rückenmuskulatur ruft wiederum das durch Schwund des Gallertkerns erzeugte Einsinken der vorn gelegenen Zwischenwirbelscheiben diese Vorwärtsbeugung der Wirbelsäule, den runden Greisenrücken, hervor. Auch die Abnahme der Körpergröße um 2 — 3 cm im Laufe des Tages erklärt sich aus dem Ausweichen der Gallertkerne, die nach Aufhören des Druckes der Körperlast in ihre alte Lage zurückkehren.

Außerdem verstärken die Zwischenwirbelscheiben vermöge ihres Gallertkerns die abschwächende Wirkung der Wirbelsäulekrümmungen bei Stößen und Erschütterungen, zum Schutze des Gehirns und Rückenmarks, vielleicht auch der Wirbelsäule selbst.

2. Die feste Verbindung und die Beweglichkeit der einzelnen Wirbel hängt weiter von den mehr hinten gelegenen Wirbelgelenken ab. Die Gelenkfortsätze der Wirbel haben ebene Gelenkflächen. Derartig gebildete Gelenke sind bei straffen, unnachgiebigen Gelenkkapseln so gut wie unbeweglich. Sie gestatten dagegen eine Verschiebung nach allen Richtungen in der Ebene der Gelenkflächen, ferner Drehungen um eine zur Ebene senkrechte Achse, sobald die Gelenkkapseln weniger straff sind. Die Bewegungsmöglichkeit der Wirbelsäule ist also ganz ausschlaggebend von der größeren oder geringeren Straffheit der Gelenkkapseln oder entsprechender Bänder abhängig. Diese ändert sich aber mit der aufrechten oder wagerechten Stellung, ferner mit der kyphotischen oder lordotischen Krümmung der Wirbelsäule.

Die Mannigfaltigkeit der Ursachen für die Bewegungsmöglichkeiten der Wirbelsäule leuchtet daher von selbst ein. Sie wird noch vermehrt durch die verschiedene Stellung der Wirbelgelenkflächen in einer sagittalen, frontalen oder schrägen Ebene. Wir bringen daher im nächsten Abschnitt die Ursachen für die Bewegungsmöglichkeiten nur so weit, als sie das Bild der Bewegungen selbst anschaulicher gestalten.

3. Die länglichen Gelenkflächen des Gelenkes zwischen Kopf und Atlas weichen nur wenig von der Pfeilrichtung ab und erlauben daher in diesem Gelenk eine Beugung des Kopfes gegen die Wirbelsäule im wesentlichen nur nach vorn und nach hinten.

4. Die Drehung des Kopfes um die Längsachse der Wirbelsäule, also nach rechts und links, findet im Gelenk zwischen Atlas und Epistropheus statt, wie aus der Beschreibung Seite 21 zu ersehen ist. Dabei dreht sich also nicht der Kopf allein, sondern Kopf und Atlas. Der Zahn des Epistropheus entspricht der Achse, um die sich der Atlas als Rad dreht. Nur liegt das Achsenlager nicht im Mittelpunkt des Atlasringes, sondern vorn, indem die Gelenkfläche an der Hinterseite des vorderen Atlasbogens den einen Teil des Achsenlagers und das Querband des Atlas, ein starkes, ringförmiges Band, den übrigen Teil des Achsenlagers bildet. Ein zweites sehr starkes Band, das von der Hinterfläche des Epistropheuskörpers zum vorderen Rand des Hinterhauptsloches zieht, verhindert beim Vorwärtsneigen des Kopfes ein Abweichen der Spitze des Zahnfortsatzes nach hinten und damit eine Schädigung des Rückenmarks durch Druck. Beide Bänder zusammen werden als Kreuzband bezeichnet, da sie sich im rechten Winkel kreuzen.

5. Der Wirbelkanal ist vorn durch die Wirbelkörper und die Zwischenwirbelscheiben völlig geschlossen, ebenso hinten seitlich an den Wirbelgelenken. Dabei bleiben hinten und an der Seite zwischen den Wirbelbogen zweier benachbarter Wirbel Lücken.

Diese sind von elastischen Häuten, den sogenannten gelben Bändern, überzogen, in denen sich nur seitlich, entsprechend den Zwischenwirbellöchern, Lücken zum Durchtritt der Rückenmarksnerven befinden. Die Zwischenräume zwischen Atlas und dem untersten Teil des Schädels sind durch ähnliche Häute geschlossen, so daß der Wirbelkanal eine vollkommene Röhre bildet.

6. Zur weiteren Befestigung der Wirbelverbindungen dienen folgende Bänder:

a) Das vordere Längsband zieht vom Atlas an der Vorderseite aller Wirbel als ein breites, festes Band bis hinunter zur Vorderfläche des Kreuzbeins und ist mit der Knochenhaut aller Wirbel fest verwachsen. Es sichert den Zusammenhalt zwischen den Wirbeln und Zwischenwirbelscheiben bei starker, gewaltsamer Beugung nach hinten.

b) Das hintere Längsband verläuft in gleicher Weise an der Hinterfläche der Wirbelkörper, also innerhalb des Wirbelkanals, und verhindert ein zu starkes Beugen nach vorn.

c) Die Dornfortsätze je zwei benachbarter Wirbel sind durch die Zwischendornbänder verbunden.

d) Längs der Spitze sämtlicher Wirbeldornen verläuft ganz hinten das schnurförmige Dornspitzenband bis zum Kreuzbein. An der Halswirbelsäule, wo die Dornfortsätze fehlen oder nur kurz sind, ist es besonders stark und sendet eine sagittal gestellte, starke Verbreiterung zu den Wirbeln nach vorn. Es wird hier als Nackenband besonders benannt und geht noch über den Atlas hinaus, um an der mittleren Nackenlinie des Hinterhauptbeins anzusetzen. Dies Band kann noch ausgiebiger als das hintere Längsband eine zu starke Beugung der Wirbelsäule nach vorn verhindern.

D. Bewegungen der Wirbelsäule.

Man unterscheidet Beugebewegungen und Drehbewegungen.

Die Beugebewegungen erfolgen 1. in der Medianebene nach vorn mit entsprechender Streckung und Überstreckung nach hinten, und zwar als Verstärkung oder Verringerung oder Umkehrung der physiologischen Krümmungen der Wirbelsäule. Sie erfolgen 2. nach rechts und nach links, 3. nach allen dazwischen liegenden Richtungen. Durch Verbinden der verschiedenen Richtungen können wir kreisende Bewegungen ausführen.

a) Bewegungen der Rumpfwirbelsäule.

Die Beugebewegungen

zeigen eine im Brustteil und Lendenteil der Wirbelsäule durchaus verschiedene Bewegungsmöglichkeit.

α) Beugebewegungen der Brustwirbelsäule: Die Brustwirbelsäule ist bei aufrechter Stellung in ihrer natürlichen Haltung kyphotisch, also nach vorn gebeugt. 1. Eine weitere Beugung nach vorn ist nur in geringem Maße möglich, da einmal die Zwischenwirbelscheiben der Brustwirbelsäule bei ihrer geringen Höhe weniger zusammendrückbar sind, da zweitens die zwischen zwei Wirbelkörpern angebrachten Rippen eine weitere Beugung nach vorn behindern, da schließlich das hinten gelegene Dornspitzenband durch die kyphotische Haltung der Brustwirbelsäule besonders straff angespannt ist. Eine ausgiebige Streckung der Brustkyphose oder gar Überstreckung

nach hinten wird durch die dachziegelartig gelegenen Dornfortsätze und die Stellung der Wirbelgelenkflächen erschwert, so daß sie bei dem erheblichen Druck des Körpers in aufrechtem Stand nur in recht geringem Maße ausgeführt werden kann. Wesentlich günstiger liegen die Verhältnisse im Vierfüßlerstand. Hier hört die Belastung der Wirbelsäule in der Richtung ihrer Längsachse auf, wodurch die Gelenkflächen der Wirbelgelenke und die Dornfortsätze etwas Spielraum erhalten und eine völlige Streckung oder gar Überstreckung (Lordosierung der Brustwirbelsäule) gestatten. 2. Wenn auch die Stellung der Wirbelgelenkflächen in der Brustwirbelsäule eine Beugung nach den Seiten verhältnismäßig begünstigt, so verhindern doch einmal die Rippen, weiter die in der kyphotischen Haltung der Brustwirbelsäule straffen, hinten gelegenen Bänder, schließlich die niedrigen und darum auch weniger ausdehnungsfähigen Zwischenwirbelscheiben eine Beugung auch nach den Seiten im Brustteil fast vollständig. Dazu kommt noch folgender Umstand: Jede Beugung der Wirbelsäule nach der Seite ist mit einer gleichzeitigen Drehung (Torsion) um ihre Längsachse verbunden, und zwar findet die Torsion in entgegengesetzter Richtung als die Beugung oder, was dasselbe bedeutet, in der gleichen Richtung statt, in der bei der Beugebewegung die Konvexität der Wirbelsäule liegt. Aus diesem Grunde verhindern die Rippen, die in aufrechter Stellung geringen Zwischenraum haben, eine Beugung nach der Seite noch erheblicher, als sie es bei Beugung ohne gleichzeitige Torsion tun würden. Beim Vierfüßlerstand begünstigen die Umstände, die eine Streckung oder gar Lordosierung der Brustwirbelsäule fördern, in gleicher Weise eine Beugung nach den Seiten. Die Lordosierung selbst entspannt die hinten gelegenen Bänder und stellt die Rippen rechtwinklig zur Längsachse der Wirbelsäule. Die Rippen rücken dadurch mehr auseinander, ihre Verbindung mit den Wirbeln wird beweglicher, so daß auch sie eine Beugung nach der Seite und die dazu gehörige Torsion weniger behindern. So sieht man die Brustwirbelsäule beim Gang „auf allen Vieren" tatsächlich schlangenartige Bewegungen nach den Seiten ausführen, freilich nicht in der Ausdehnung, wie sie die Lendenwirbelsäule selbst im aufrechten Stand gestattet. 3. Die Beugungen in den dazwischen liegenden Richtungen sind aus den gleichen Gründen in der Brustwirbelsäule bei aufrechtem Stand gering, im Vierfüßlerstand aber vermöge des Ausgleichs der Kyphose oder der stattfindenden Lordosierung besser ausführbar. Auch dabei findet eine Torsion statt. Selbstverständlich erfolgt die Streckung bzw. Lordosierung der Brustwirbelsäule durch den Vierfüßlerstand und damit auch ihre Beweglichmachung bei Erwachsenen oder gar älteren Personen nicht mehr so ausgiebig wie bei Kindern.

β) Beugebewegungen der Lendenwirbelsäule: 1. Das hinten gelegene Dornspitzenband ist in der Lendenwirbelsäule infolge der physiologischen Lordose wenig gespannt und erlaubt daher eine durch die Höhe der Zwischenwirbelscheiben gewährleistete, ausgiebige Beugung nach vorn. Auch eine die Lendenlordose übertreffende Überstreckung nach hinten kann vermöge der natürlich außerordentlich großen Elastizität der hohen Zwischenwirbelscheiben in der Lendenwirbelsäule stattfinden. Überhaupt fallen alle Gründe, die in der Brustwirbelsäule ausgiebige Bewegungen in der Medianebene behinderten, in der Lendenwirbelsäule fort. 2. Auch die seitlichen Beugungen der Rumpfwirbelsäule erfolgen hauptsächlich in der Gegend der Lendenlordose. Hierfür gelten

die gleichen fördernden Bedingungen wie für die Bewegungen in der Medianebene. Die Wirbelgelenkflächen stehen in der eigentlichen Lendenwirbelsäule in einer sagittalen Ebene, also für seitliche Bewegungen so ungünstig wie möglich. Daher finden die seitlichen Beugungen nicht in der Lendenwirbelsäule selbst, sondern am Übergang von Lendenwirbelsäule und Brustwirbelsäule statt, wo die physiologische Krümmung noch lordotisch ist. Auch die Rippen, die hier freier beweglich sind und nur an einem Wirbel ansetzen, hindern die Bewegung nicht. Die seitlichen Beugungen sind auch hier von einer Torsion begleitet, ebenso 3. die Beugungen in den Zwischenrichtungen, die im Stand natürlich gleichfalls vorzugsweise am Übergang von Lenden- und Brustwirbelsäule erfolgen.

Drehbewegungen

um die Längsachse der Wirbelsäule finden nicht nur als Begleiterscheinung bei Beugungen außerhalb der Medianebene, sondern auch als selbständige Bewegungen statt. Hierbei hindern wieder die sagittal gestellten Gelenkflächen der Lendenwirbel außerordentlich, wogegen die frontale Stellung der Gelenkflächen der untersten Brustwirbel die Torsion begünstigen. Auch entspricht im unteren Teil der Brustwirbelsäule die physiologische Krümmung und der Bau der Wirbel (größere Höhe der Körper, größere Höhe der Zwischenwirbelscheiben, wagerecht nach hinten verlaufende Dornfortsätze an Stelle der dachziegelförmig schräg nach hinten abwärts verlaufenden) schon mehr den Verhältnissen der Lendenwirbelsäule. Daher findet die Drehbewegung hauptsächlich in dem untersten Teil der Brustwirbelsäule statt. Die Drehung nach jeder Seite beträgt etwa 30°. Die scheinbare Drehung um einen rechten Winkel (im Stand) wird durch eine Verschiebung des Beckens in den Hüftgelenken und eine Drehung in den (Knie- und) Fußgelenken vorgetäuscht und durch Feststellung des Beckens im Sitz verhindert.

Die Bewegungen der Rumpfwirbelsäule in aufrechter Stellung sollen noch einmal folgendermaßen zusammengefaßt werden:

Die Beugebewegungen

1. in der Medianebene erfolgen im wesentlichen in der Lendenwirbelsäule,
2. u. 3. nach den Seiten und den dazwischenliegenden Richtungen unter gleichzeitiger Torsion am Übergang von Lendenwirbelsäule und Brustwirbelsäule,

die Drehbewegungen als selbständige Bewegung erfolgen im untersten Teil der Brustwirbelsäule, der noch in die Lendenlordose einbegriffen ist.

Die geringe Beweglichkeit der Brustwirbelsäule liegt zum geringsten Teil am anatomischen Bau der einzelnen Wirbel. Maßgebend sind vielmehr die besonders günstigen Bedingungen der physiologischen Lendenlordose. Die Beweglichkeit geht beim Ausgleich der Brustkyphose oder gar Lordosierung der Brustwirbelsäule in Vierfüßlerstellung auch auf die übrige Rumpfwirbelsäule über; ja, die Lendenwirbelsäule kann durch Tiefkriechen gleichzeitig kyphotisch und damit fast unbeweglich gemacht werden. Das ist naturgemäß bei Erwachsenen und alten Menschen in geringerem Grade als beim Kinde möglich.

b) Bewegungen der Halswirbelsäule und des Kopfes.

Man muß bei Beurteilung der

Beugebewegungen

von Halswirbelsäule und Kopf die Bewegungsmöglichkeit des Kopfes gegen den Atlas scharf von der Bewegungsmöglichkeit der Halswirbel untereinander scheiden.

1. Scheinbar ist eine große Beugungsmöglichkeit der Halswirbelsäule nach vorn vorhanden. Diese liegt aber hauptsächlich in den beiden kufenförmigen Gelenken zwischen Hinterhaupt und Atlas. Die Halswirbelsäule selbst kann nur sehr gering nach vorn gebeugt werden, so gering, daß man eigentlich nur von einem Ausgleich der Halslordose sprechen kann. Die Beugung der Halswirbelsäule nach hinten (besser: die Überstreckung) ist dagegen in ausgiebigem Maße, bis 60°, möglich. Natürlich kann auch der Kopf gegen den Atlas nach hinten bewegt werden. Dabei findet eine unwillkürliche Bewegung der Halswirbelsäule nach vorn oder hinten für sich allein überhaupt nicht statt, sondern stets nur in Verbindung mit Vorwärts- und Rückwärtsbeugen des Kopfes im Kopf-Atlas-Gelenk. Es beginnen die Bewegungen des Kopfes, denen sich die Halswirbelsäule erst bei stärkerem Grade anschließt. Allerdings kann man willkürlich den Kopf feststellen und dann die entsprechenden Bewegungen in der Halswirbelsäule ausführen.

2. Seitliche Beugebewegungen. Die Beugungsmöglichkeit des Kopfes gegen den Atlas nach der Seite ist nur sehr geringfügig. Die Halswirbelsäule kann dagegen recht ausgiebig nach der Seite gebeugt werden, wobei gleichzeitig wieder eine leichte Torsion stattfindet.

3. Über die Beugungen nach den dazwischen liegenden Richtungen ist nichts Besonderes zu sagen.

Die Drehbewegungen

in der Halswirbelsäule setzen sich zusammen aus der Drehung im Gelenk zwischen Atlas und Epistropheus und der Drehung in der übrigen Halswirbelsäule. Die Drehung zwischen Atlas und Epistropheus beträgt etwa 45°. Dabei findet natürlich neben der Drehung im eigentlichen Drehgelenk eine Verschiebung zwischen den unteren Gelenkfortsätzen des Atlas und den oberen Gelenkfortsätzen des Epistropheus statt, so daß die Drehung zwischen Atlas und Epistropheus in drei Gelenken erfolgt. Die Drehung der übrigen Halswirbelsäule beträgt etwa 25°. Der Kopf kann in seiner Gelenkverbindung mit dem Atlas so gut wie gar nicht gedreht werden. Wir können durch Verbindung der verschiedenen Richtungen ein Kopfkreisen ausführen.

c) Das Umsehen.

Das Umsehen ist nach den bisherigen Erörterungen eine sehr zusammengesetzte Bewegung. Beim leichten Umsehen nach der Seite wird zunächst der Atlas mit Kopf um den Epistropheus bis etwa 45° gedreht. Das seitliche Umsehen wird durch die Drehung in der übrigen Halswirbelsäule um etwa 25° vermehrt. Der Blick nach seitwärts-rückwärts erfordert außerdem eine Drehung im unteren Teil der Brustwirbelsäule, deren Ausgiebigkeit etwa 30° beträgt. Die Drehungsmöglichkeit der ganzen Wirbelsäule beträgt danach etwa 100°, etwas über einen rechten Winkel. Das Umdrehen kann, wie schon erwähnt, durch Verschiebung des Beckens in den Hüftgelenken und Drehung

in den Kniegelenken (nur bei gebeugten Kniegelenken s. S. 98) und Fußgelenken vermehrt werden, so daß dann das Gesicht unmittelbar nach hinten steht. Das ist aber nur im Gehen oder Stehen möglich. Denn das Verschieben des Beckens auf der Unterlage im Sitzen ist keine Drehbewegung des Körpers und außerdem im Reitsitz ohne Anheben des Gesäßes unmöglich. Zwar kann man auch dann durch die seitliche Drehung der Augäpfel und die seitliche Ausdehnung des Gesichtsfeldes noch etwas weiter nach hinten sehen, als das Gesicht eingestellt ist. Das alles reicht jedoch nicht aus, um im Sitz den Blick vollständig nach hinten zu wenden. Daher pflegt sich ein Reiter, z. B. der Rittmeister vor der Schwadron, wenn er nach hinten sehen will, in den Steigbügeln aufzurichten, um nunmehr auch die erwähnte Drehungsmöglichkeit in den Hüft-, Knie- und Fußgelenken auszunützen. Dann beträgt das Umsehen allerdings 270° bis 360°, je nach der individuell verschiedenen Beweglichkeit der einzelnen Gelenke.

2. Der Beckengürtel.

A. Der Beckengürtel als Fundament der Wirbelsäule.

Das Kreuzbein, abgesehen vom Steißbein das untere Ende der Wirbelsäule, ist als Abschluß des Beckenringes von hinten zwischen die beiden Hüftbeine fest eingefügt. Es wird in dieser Lage zu den Hüftbeinen durch äußerst feste, straffe Bänder völlig unbeweglich gehalten und ermöglicht so eine feste Stellung der Wirbelsäule auf dem Becken. Auch die beiden Hüftbeine sind durch die straffe Verbindung mit dem Kreuzbein so fest in ihre Lage zueinander gezwungen, daß es kaum noch der gegenseitigen Befestigung durch eine Knorpelfuge, die Schoßfuge, vorn in der Mittellinie des Körpers bedürfte, um auch sie unbeweglich gegeneinander festzustellen. So bildet das Becken als Ganzes, trotzdem es aus drei Knochen zusammengesetzt ist, seiner Funktion nach einen einzigen starren, überaus starken Knochen. Und das ist notwendig. Während nämlich die Schwere des Körpers in aufrechter Stellung vermittels der Wirbelsäule auf dem Kreuzbein, dem *hinteren* Ende des Beckens, lastet, findet das Becken selbst seine Unterstützung in der *Mitte*, eher noch etwas *vor* der Mitte. Dort liegen die Hüftgelenkpfannen, vermittels derer das Becken auf den beiden quer gestellten Gelenkköpfen des Oberschenkels balancierend aufgehängt ist. Nur ein *starres* Becken ermöglicht danach den aufrechten Stand, da sein Belastungspunkt nicht senkrecht über der Unterstützungslinie liegt. So bildet nicht nur das Kreuzbein, sondern das ganze Becken das Fundament, auf dem die Wirbelsäule und damit der ganze Stamm des menschlichen Körpers steht. Die unteren Gliedmaßen setzen erst am Becken beweglich an. Daher wollen wir das Becken aus praktischen Gründen zum Rumpf rechnen, wenn es auch eigentlich zu den unteren Gliedmaßen gehört. (Abb. 24.)

B. Die einzelnen Knochen des Beckens.

Das Becken wird von den beiden Hüftbeinen und dem Kreuzbein gebildet.

a) **Die Hüftbeine.**

Jedes Hüftbein setzt sich wieder aus drei Knochen zusammen, dem *Darmbein*, dem *Schoßbein* (oder Schambein) und dem *Sitzbein*. Diese drei Knochen sind aber völlig

zu einem Knochen verwachsen. Das Hüftbein als Ganzes hat etwa die Gestalt einer 8, bei der der Kreuzungspunkt stark verdickt ist. In dieser verdickten Stelle stoßen alle drei Knochen des Hüftbeins zusammen und bilden gemeinsam die an der Außenseite des verdickten Kreuzungspunktes gelegene Hüftgelenkpfanne. Die kleinere Schleife zeigt wie bei der wirklichen 8 nur die Umrisse, die größere Schleife dagegen ist massiv ausgefüllt. Sie liegt am Becken nach hinten oben und bildet den größten Teil des Darmbeins, die Darmbeinschaufel. Die kleine Schleife liegt vorn unten und ist im Kreuzungspunkt beider Schleifen um die Längsachse der 8 nach der Innenfläche des Beckens um etwa 45° abgedreht. Ihr Rahmen besteht aus dem vorn gelegenen Schoßbein und dem unten gelegenen Sitzbein. (Abb. 24, 25 u. 26.)

α) Das Darmbein besteht aus der Darmbeinschaufel, einem platten Knochen, dessen vordere untere Ecke (der verdickte Kreuzungspunkt der 8) nach unten ausgezogen und verdickt ist und dem oberen Teil der Hüftgelenkpfanne Platz bietet. Die Darmbeinschaufel hat die Gestalt eines unregelmäßigen Vierecks und demgemäß zwei Flächen, vier Ränder und vier Ecken. Sie steht in schräger, von hinten medial nach vorn lateral verlaufender Richtung. Ihre Fläche ist auf einem in gleicher Richtung verlaufenden Schnitt S-förmig gekrümmt, so daß eigentlich nur die vorderen zwei Drittel der Darmbeinschaufel in der Hauptrichtung verlaufen, während das hintere Drittel mehr sagittal gestellt ist. Die vorderen zwei Drittel der inneren Fläche (Darmbeingrube genannt) sind dementsprechend schaufelförmig ausgehöhlt und dienen dem Lenden-Darmbeinmuskel zum Ursprung, während das hintere sagittal gestellte Drittel die Gelenkfläche zur straffen Verbindung mit dem Kreuzbein trägt. Die äußere Fläche ist demnach in den vorderen zwei Dritteln gewölbt und zeigt am Übergang zum hinteren Drittel eine senkrechte Aushöhlung. Sie dient den drei Gesäßmuskeln und der Hüftgelenkkapsel zum Ansatz. Der obere Rand zeigt natürlich in sich wieder die S-förmige Krümmung, ist leicht verdickt und wird als Darmbeinkamm bezeichnet. Am Darmbeinkamm entspringen die drei breiten Bauchmuskeln. Die vorspringende Ecke zwischen oberem und vorderem Rand wird vorderer oberer Darmbeinhöcker genannt. Etwas weiter

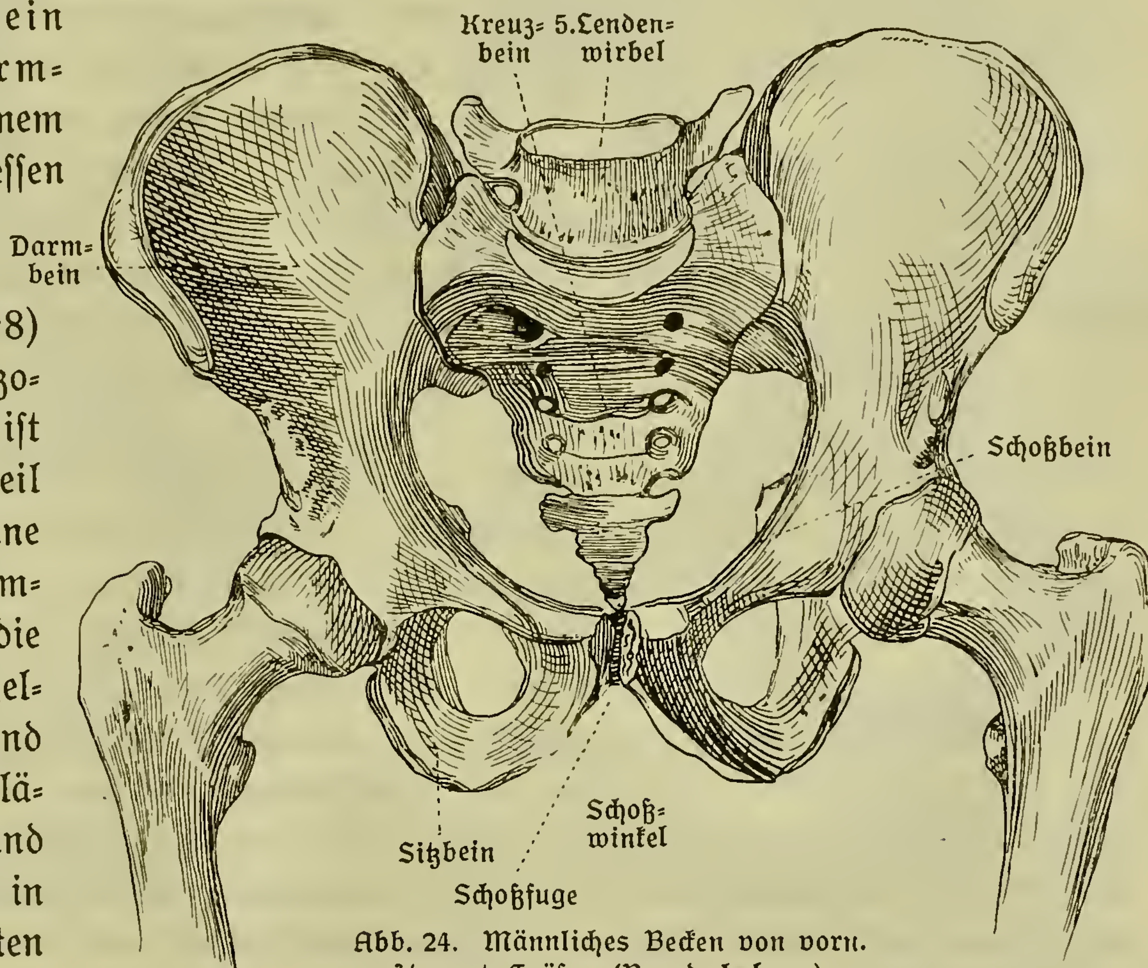


Abb. 24. Männliches Becken von vorn. $^3/_{10}$ nat. Größe. (Bardeleben.)

unten befindet sich an dem vorderen Rand noch der vordere untere Darmbeinhöcker. Beide dienen verschiedenen Muskeln des Oberschenkels zum Ansatz, der vordere obere Darmbeinhöcker außerdem dem Poupartschen Bande. An der Ecke zwischen oberem und hinterem Rand springt der hintere obere Darmbeinhöcker hervor. Der hintere Rand ist nur kurz und hat weiter unten ebenfalls einen zweiten Vorsprung, den hinteren unteren Darmbeinhöcker. Beide dienen den straffen Bändern zwischen Darmbein und Kreuzbein zum Ansatz. Der untere Rand stößt vorn mit Schoßbein und Sitzbein zusammen. Dicht über ihm sieht man an der Innenfläche eine abgerundete Kante, die innere Bogenlinie, die sich am Gesamtbecken nach hinten in den vorderen Rand der Kreuzbeinbasis bis zum Vorgebirge, nach vorn in den hinteren Rand des Schoßbeinkammes fortsetzt.

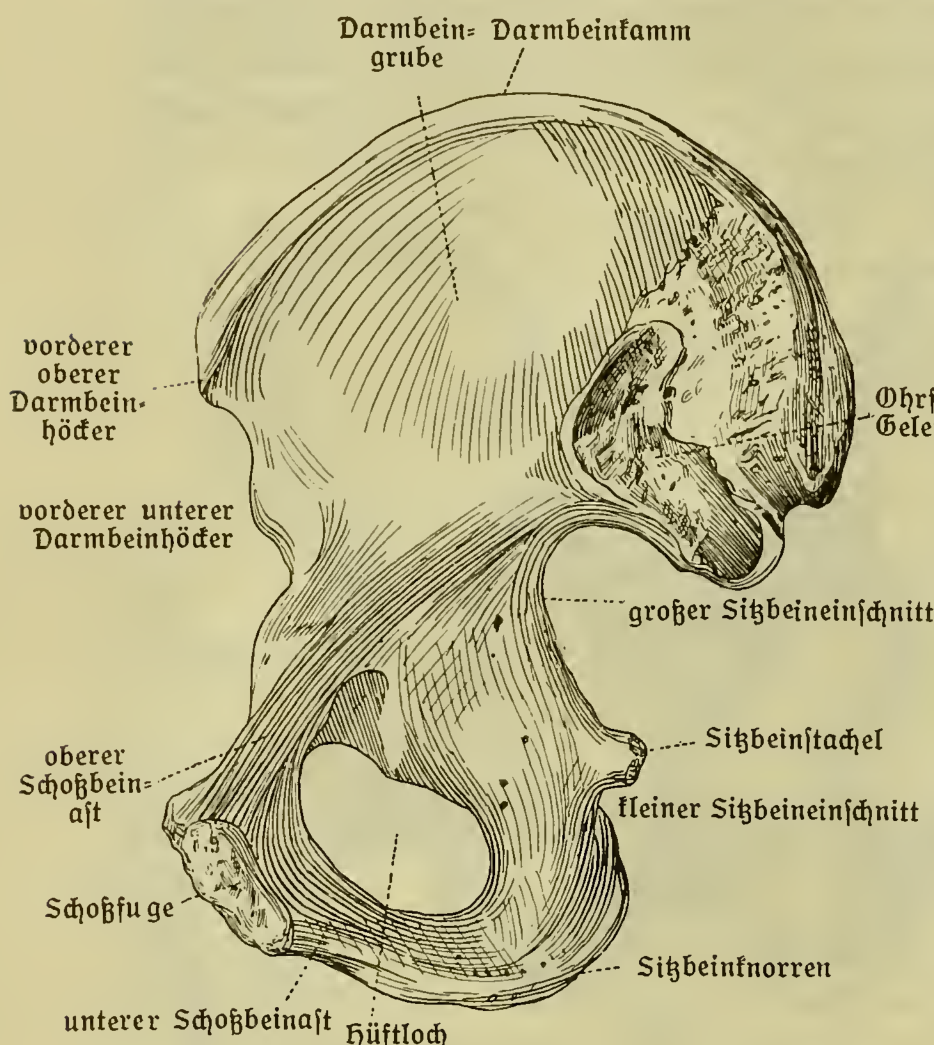


Abb 25. Rechtes Hüftbein von innen. 1/3 nat. Größe. (Bardeleben.)

An der hinteren Fläche des Darmbeins sieht man noch drei mehr oder weniger ausgeprägte Linien, die vordere, hintere und untere Gesäßlinie. Die zwischen den beiden anderen gelegene vordere Gesäßlinie verläuft mit stark nach oben geschwungenem Bogen vom vorderen oberen Darmbeinhöcker bis in die Gegend des hinteren unteren Darmbeinhöckers, die hintere Gesäßlinie in gerader senkrechter Richtung etwa 3 cm von dem hinteren Rand der Darmbeinschaufel entfernt, die untere Gesäßlinie zwei Finger breit über der Gelenkpfanne des Hüftgelenks.

Das Schoßbein und Sitzbein bilden die kleine Schleife der 8, mit der wir das Hüftbein verglichen hatten. Diese Schleife hat die Form eines unregelmäßigen Dreiecks mit abgestumpften, verdickten Ecken und begrenzt das Hüftloch. Das Becken ist in aufrechter Haltung des Menschen so gestellt, daß man eine hintere senkrechte Seite, eine vordere obere und vordere untere Seite des Dreiecks unterscheiden kann. Das Schoßbein und Sitzbein teilen sich derart in diese Seiten, daß die ganze vordere obere Seite und die Hälfte der vorderen unteren Seite des Dreiecks zum Schoßbein gehören, die andere Hälfte der vorderen unteren und die ganze hintere Seite zum Sitzbein. Von dem verdickten, die Hüftgelenkpfanne tragenden Schnittpunkt der 8 gehört der vordere obere Teil zum Schoßbein, der hintere untere Teil zum Sitzbein. Im einzelnen verhalten sich die beiden Knochen folgendermaßen:

β) Das Schoßbein besteht aus dem Körper, nämlich dem verdickten Teil an der Hüftgelenkpfanne, dem vom Körper nach vorn unten verlaufenden oberen Schoßbeinast

und dem von dessen vorderen Ende nach hinten unten verlaufenden unteren Schoßbeinast. Der Winkel, in dem beide Schoßbeinäste aneinanderstoßen, ist scheitelwärts flächenhaft verbreitert. Die Verbreiterung hat nach der anderen Körperseite zu einen geradlinigen, senkrecht verlaufenden Rand, der zur Verbindung mit dem Schoßbein der anderen Seite dient und durch knorpelige Massen, die Schoßfuge, mit ihm verbunden ist. Unterhalb der Schoßfuge bilden die beiderseitigen unteren Schoßbeinäste einen Winkel, den Schoßwinkel. Die obere Kante des oberen Schoßbeinastes ist verdickt und heißt Schoßbeinkamm. Der nach dem Inneren des Beckens sehende Rand des Schoßbeinkamms ist abgerundet und bildet, wie schon erwähnt, die Fortsetzung der inneren Bogenlinie des Darmbeins. 3 cm lateral von der Schoßbeinfuge liegt der vorspringende Schoßbeinhöcker.



Abb. 26. Rechtes Hüftbein von außen. 1/3 nat. Größe. (Bardeleben.)

γ) Das Sitzbein besteht ebenfalls aus dem Körper, nämlich dem hinteren unteren Drittel der Verdickung für die Hüftgelenkpfanne, dem nahezu senkrecht verlaufenden hinteren Sitzbeinast und dem von dessen unterem Ende unter einem spitzen Winkel nach vorn oben verlaufenden vorderen Sitzbeinast, der geradlinig in den unteren Schoßbeinast übergeht. Der Scheitel des Winkels, in dem beide Sitzbeinäste zusammenstoßen, ist stark knorrig verdickt und wird Sitzbeinknorren oder Sitzknorren genannt. Er trägt beim Sitzen die gesamte Körperlast. Am hinteren Sitzbeinast springt nach hinten und medial der Sitzbeinstachel weit vor und bildet mit dem unteren Rand des Darmbeins eine tiefeingeschnittene Bucht, den großen Sitzbeineinschnitt, und mit dem hinteren Sitzbeinast den flachen kleinen Sitzbeineinschnitt.

b) Das Kreuzbein und Steißbein.

Das Kreuzbein hat die Gestalt einer Pyramide. Nur ist die Basis der Pyramide nicht quadratisch, sondern rechteckig, so daß die beiden Seitenflächen der Pyramide schmäler als ihre Vorder- und Hinterfläche sind. Die Basis der Pyramide liegt nach oben, die etwas abgestumpfte Spitze nach unten. Das Kreuzbein ist außerdem über die Vorderfläche umgebogen, so daß die Vorderfläche ausgehöhlt, die Hinterfläche gewölbt ist. Die genaue Stellung des Kreuzbeins ist Seite 18 näher beschrieben.

Die nach oben gekehrte Basis der Pyramide heißt Basis des Kreuzbeins. In ihrer Mitte befindet sich eine erhöhte Plattform von der Gestalt eines Wirbelkörpers, die durch eine Zwischenwirbelscheibe mit dem Körper des untersten Lendenwirbels verbunden ist. Der vordere Rand dieser Plattform springt scharf vor und ist das Seite 19 beschriebene Vorgebirge. Der vordere obere Rand des Kreuzbeins ist zu beiden Seiten des Vorgebirges mehr abgerundet und setzt sich in die innere Bogenlinie der beiderseitigen Hüftbeine fort. Die beiden schmalen Seitenflächen des Kreuzbeins haben

in ihrem oberen Abschnitt eine Gelenkfläche zur unbeweglichen Verbindung mit den Hüftbeinen. Das Kreuzbein wird der Länge nach vom Kreuzbeinkanal durchsetzt, der die Fortsetzung des Wirbelkanals bildet, jedoch nur noch Nervenstränge, kein eigentliches Rückenmark mehr enthält. Das Kreuzbein besteht ursprünglich aus fünf Kreuzbeinwirbeln, die zusammengewachsen sind. Daher sieht man an der sonst glatten Vorderfläche vier querverlaufende Leisten, die früheren Grenzen der Wirbel. Am lateralen Ende dieser Leisten befinden sich auf jeder Seite vier Löcher, die vorderen Kreuzbeinlöcher, denen an der hinteren Fläche die vier paarigen hinteren Kreuzbeinlöcher gegenüberliegen. Die hinteren und vorderen Kreuzbeinlöcher entsprechen zusammen den Zwischenwirbellöchern und dienen den großen Nerven zum Durchtritt.

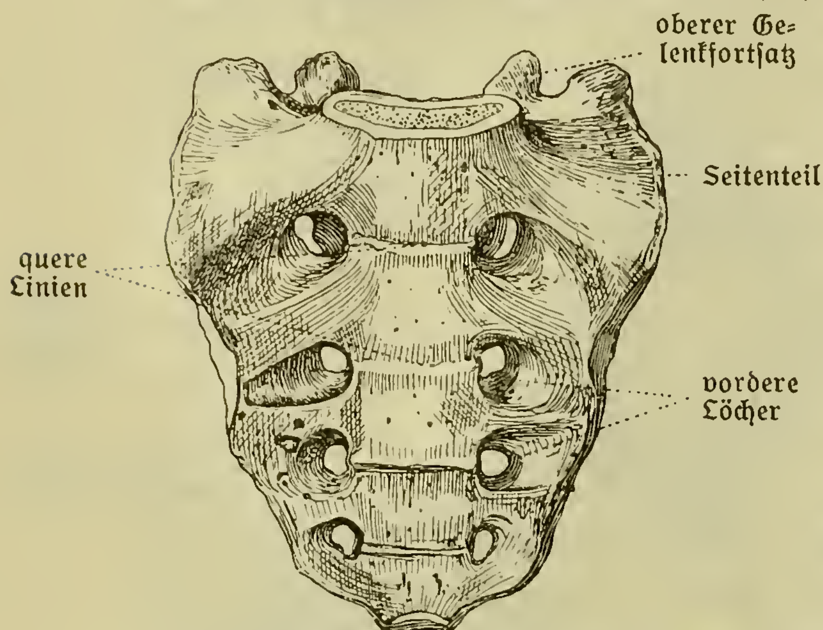


Abb. 27. Kreuzbein, von vorn. $1/3$ nat. Größe. (Bardeleben.)

Die hintere Fläche des Kreuzbeins zeigt in der Medianlinie eine scharf vorspringende höckerige Leiste, die Kreuzleiste, als Überrest der ehemaligen Dornfortsätze. Jederseits lateral davon sieht man eine weniger ausgeprägte Leiste, die ehemaligen Gelenkfortsätze. Am oberen Ende dieser Leiste ragen zwei wahre Gelenkfortsätze zur Verbindung mit dem untersten Lendenwirbel nach oben. Lateral von diesen Leisten folgen die beiden Reihen der schon erwähnten hinteren Kreuzbeinlöcher, und lateral von diesen je eine weitere schärfer ausgeprägte, höckerige Leiste, die Überreste der ehemaligen Querfortsätze.

Unterhalb des Kreuzbeins liegt das Steißbein. Es besteht aus vier, zuweilen auch fünf unregelmäßigen Knochenstückchen, in denen man kaum noch die ursprünglichen Wirbel erkennen kann. Diese Wirbelüberreste sind derartig miteinander verwachsen, daß das Steißbein meist aus zwei getrennten Knochenstückchen besteht, die ihrerseits mit dem unteren Ende des Kreuzbeins und untereinander bindegewebig verbunden sind. Das Steißbein ist meist nach vorn gebogen, bei einzelnen Menschen auch als verstümmelter Schwanz nach hinten.

C. Die Gelenke und Bänder des Beckens.

1. Das Kreuzbein ist auf jeder Seite durch ohrmuschelförmige, flache Gelenkflächen mit den gleichgestalteten Gelenkflächen der Hüftbeine verbunden. Die Gelenkkapseln sind außerordentlich straff und durch reichliche, kräftige Bandmassen verstärkt. Daher ist keinerlei Bewegung in den Gelenken möglich.

2. Die beiden Hüftbeine sind vorn in der Schoßfuge durch knorpelige Massen miteinander verbunden.

3. Das Poupartsche Band oder Leistenband zieht jederseits schnurförmig vom vorderen oberen Darmbeinhöcker zum Schoßbeinhöcker. Es dient den breiten Bauchmuskeln zum Ansatz. Das Poupartsche Band markiert sich durch Verwachsungen mit der äußeren Haut als Leistenfurche. Etwa von der Mitte des Poupartschen Bandes

verläuft ein zweites Band zum Schoßbeinkamm. Es teilt das zwischen Poupartschem Band und Beckenknochen gelegene Fach in zwei Sonderfächer, die medial gelegene Gefäßlücke und die lateral gelegene Muskellücke, so benannt, weil durch die eine die Blutgefäße, durch die andere der Lendendarmbeinmuskel aus dem Becken heraus zum Oberschenkel treten. Der Muskel füllt seine Lücke völlig aus, die Gefäße lassen neben sich noch Raum übrig, der mit lockerem Bindegewebe geschlossen ist und den Schenkelbrüchen (s. S. 89) zum Durchtritt dient.

4. Das Kreuzstachelband zieht vom Sitzbeinstachel zum Kreuzbein und schließt damit den oberen großen Sitzbeineinschnitt zum großen Sitzbeinloch.

5. Das Kreuzknorrenband zieht vom Sitzbeinknorren zum Kreuzbein und schließt in Verbindung mit dem vorigen Band den unteren kleinen Sitzbeineinschnitt zum kleinen Sitzbeinloch. Durch beide Löcher treten Muskeln, Blutgefäße und Nerven aus dem Becken zum Oberschenkel.

6. Das Hüftloch ist durch eine bindegewebige Haut, die Hüftlochmembran, bis auf eine kleine Lücke völlig verschlossen. An beiden Flächen dieser Membran setzen Muskeln an.

7. Die Bänder des Hüftgelenkes werden erst bei den unteren Gliedmaßen besprochen werden.

D. Das Becken als Ganzes.

Das Vorgebirge und die beiderseitigen inneren Bogenlinien der Darm- und Schoßbeine bilden, wie schon erwähnt, eine fortlaufende Kreislinie und teilen das Becken in zwei Teile, das obere große Becken und das untere kleine Becken. Die von dieser Kreislinie begrenzte obere Öffnung des kleinen Beckens heißt der Beckeneingang. Die Verbindungslinie der Mitte des Vorgebirges mit dem oberen Rand der Schoßfuge wird „der gerade Durchmesser" genannt. Der „quere Durchmesser" steht senkrecht zu ihm und verbindet die entferntesten Punkte der inneren Bogenlinie miteinander. Die untere Öffnung des kleinen Beckens, der Beckenausgang, wird gebildet durch die Kreuzbeinspitze, die beiden Kreuzknorrenbänder und die beiden Sitzbeinknorren. Vorn zeigt die Grenze einen großen Ausschnitt, den Schoßwinkel, hinten eine Hervorragung, die Steißbeinspitze. Das kleine Becken hat die Form eines zylindrischen weiten Rohres, das nach vorne zu umgebogen ist und daher nur eine kurze vordere Wand hat. Die Wände des Rohres werden hinten von der ausgehöhlten Kreuzbeinfläche, vorn und an den Seiten von den Schoß- und Sitzbeinen gebildet. (Abb. 24.)

Hyrtl vergleicht das große Becken sehr treffend mit dem breiten Rand eines Waschbeckens, der vorn und hinten so ausgebrochen ist, daß nur zwei Seitenstücke, die Darmbeinschaufeln, stehen geblieben sind. Die vordere große Lücke wird durch die weichen Bauchdecken, die hintere kleine durch die letzten Lendenwirbel geschlossen. Bei aufrechtem Stand ist die natürliche Stellung des Beckens eine derartige, daß der gerade Durchmesser bzw. der Beckeneingang mit der Horizontalebene vorn einen nach hinten offenen Winkel von etwa 50—65° bildet. Dieser Winkel heißt die Beckenneigung. Die Beckenneigung ist übrigens bei der gleichen Person sehr verschieden, je nach der Stellung der Beine. Sie ist am kleinsten bei mäßig seitwärts gestellten Beinen und parallelen Füßen. Sie wird größer bei stärkerem Seitwärtsstellen der Beine und stärkerer Einwärtsdrehung der Füße, ebenso bei der gegenteiligen Stellung mit

geschlossenen Knien und besonders mit starker Auswärtsdrehung der Füße. Das kann jeder an sich selbst sehen, je nachdem er den Oberkörper weit vor oder rückwärts legen muß, um das Gleichgewicht zu halten. Die Beckenneigung ist bei verschiedenen Personen von der Form oder etwaigen Verbildung der unteren Gliedmaßen abhängig und auch nach Menschenrassen und Geschlecht verschieden. Sie ist bei der Frau etwa 5° größer als beim Manne.

Das männliche und weibliche Becken zeigt noch andere deutliche Unterschiede. Das männliche Becken ist eng und hoch, das weibliche Becken wegen seiner Bedeutung bei der Geburt weit und kurz. Daraus ergeben sich die weiteren Unterschiede von selbst. Der Schoßwinkel, der beim Manne 90° beträgt, muß beim Weibe größer, das Kreuzbein beim Weibe breiter als beim Manne sein. Damit rücken die Hüftgelenkpfannen weiter auseinander, woraus sich eine stärkere X-Beinform der Knochen der unteren Gliedmaßen beim Weibe ergibt. Die Darmbeinschaufeln stehen beim Weibe flacher als beim Manne, woher die größere Breite der weiblichen Hüften herrührt, die durch größere Fettentwicklung an den Hüften des Weibes gesteigert wird.

3. Der Schädel.

Die Wirbelsäule trägt an ihrem oberen Ende den Schädel. Der Schädel besteht aus dem Hirnschädel und dem Gesichtsschädel. Der Hirnschädel bildet den größten Teil des Schädels und zeigt in der vorderen unteren Ecke einen Ausschnitt, an den sich vorn der Gesichtsschädel anfügt. (Abb. 28 u. 34.)

A. Der Hirnschädel.

Der Hirnschädel ist eine knöcherne Kapsel zur Aufnahme des Gehirns. Er zerfällt in Schädelbasis und Schädelgewölbe, das sich auf der Schädelbasis aufbaut. Der ganze Hirnschädel ist aus mehreren platten, vielfach gestalteten Knochen zusammengesetzt. Die Schädelbasis vermittelt natürlich die Verbindung mit der Wirbelsäule. Dazu dient ein unpaariger Knochen, das Hinterhauptbein, dessen Grundteil die Mitte der Schädelbasis einnimmt und ein großes Loch, das Hinterhauptloch, zur Verbindung zwischen Gehirn und Rückenmark umschließt. Der vor dem Hinterhauptloch gelegene schmale Abschnitt des Grundteiles wird Körper des Hinterhauptbeines genannt und strebt schräg nach oben und vorn. Der breite hintere Teil des Hinterhauptbeines, die Schuppe, biegt etwa in ihrer Mitte nach oben um und bildet so gleichzeitig den hinteren Teil des Schädelgewölbes, gewissermaßen den hinteren Giebel des Daches. Der schmale Körper des Hinterhauptbeins wird nach vorn zu in der Mittellinie der Schädelbasis durch den unpaarigen Körper des Keilbeines verlängert, der würfelförmige Gestalt hat und vermöge des schrägen Verlaufs des Hinterhauptkörpers wesentlich höher als das Hinterhauptloch liegt Der Keilbeinkörper sendet von seinen beiden unteren Seitenkanten die paarigen großen Keilbeinflügel lateralwärts, die zunächst die Schädelbasis vorn verbreitern, dann nach oben umbiegen und als vordere Eckpfeiler der Seitenwände des Schädelgewölbes emporragen.

Die seitlichen Lücken der Schädelbasis zwischen dem breiten hinteren Teile des Hinterhauptbeins und den großen Keilbeinflügeln werden durch die beiden Schläfenbeine ausgefüllt, die sich mit ihren Pyramiden in die Lücken einschieben, am Seiten-

rand der Schädelbasis nach oben umbiegen und mit ihrer Schuppe die Hauptteile der Seitenwände des Schädelgewölbes bilden.

Der Körper des Keilbeins sendet von seinen vorderen oberen Ecken die kleinen Keilbeinflügel nach beiden Seiten, an deren vorderen Rand sich das Stirnbein anlagert und so mit seinem Augenhöhlenteil den vordersten Teil der Basis des Hirnschädels und zugleich die obere Wand (die Decke) der Augenhöhlen bildet. Das Stirnbein biegt aber bald, am oberen Augenhöhlenrand, nach oben um und schließt das Schädelgewölbe vorn als vorderer Dachgiebel ab. Nun werden die beiden Scheitelbeine zwischen Hinterhauptsschuppe (hinterer Giebel) und dem senkrechten Teil des Stirnbeins (vorderer Giebel) von oben her als eigentliches Dach aufgesetzt. Da der Körper des Hinterhauptbeins, wie erwähnt, schräg nach oben vorn verläuft, liegt der vordere Teil der Basis des Hirnschädels, nämlich der Augenhöhlenteil des Stirnbeins, wesentlich höher als der hintere Teil der Schädelbasis. Der Körper des Keilbeins sendet nun von seinen unteren vorderen Ecken ein drittes Paar Fortsätze, die Flügelfortsätze des Keilbeins, schräg nach unten vorn, etwa wie die Vorderbeine eines Hundes in Sitzstellung. Die Flügelfortsätze bilden so einmal mit dem Körper des Hinterhauptbeins, zweitens mit dem Körper des Keilbeins und dem Augenhöhlenteil des Stirnbeins je einen frontal gestellten, keilförmigen Ausschnitt. Der erste bildet die knöcherne Vorbildung des Nasenrachenraums, in den zweiten ist der Gesichtsschädel eingelagert. Zwischen Hirnschädel und Gesichtsschädel bleibt also ein keilförmiger Ausschnitt, der Nasenrachenraum, bestehen.

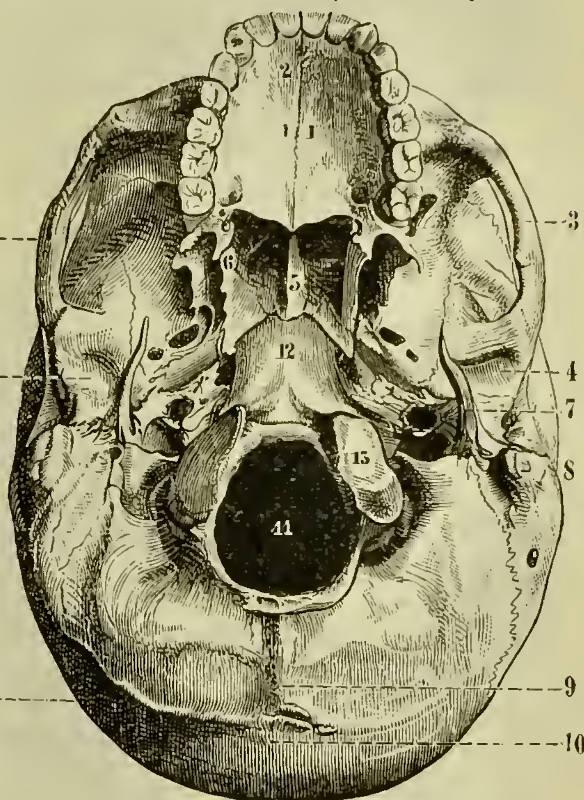


Abb. 28. Außenfläche der Schädelbasis. (Schädel von unten gesehen.) (Nach Kollmann.)
1 = Gaumen, 2 = vorderes Ende des Gaumens, 3 = Jochbogen, 4 = Gelenkpfanne, 5 = Pflugscharbein, 6 = Flügelfortsätze, 7 = Griffelfortsatz, 8 = Warzenfortsatz, 9 = mittlere Nackenlinie, 10 = Hinterhaupthöcker, 11 = Hinterhauptloch, 12 = Grundteil des Hinterhauptbeins, 13 = Gelenkfortsatz, 14 = Hinterhauptbein.

Der Hirnschädel besteht danach aus

3 unpaarigen Knochen	Hinterhauptbein Keilbein Stirnbein	3
2 paarigen Knochen	2 Schläfenbeinen 2 Scheitelbeinen	4
Dazu kommt noch das Siebbein		1
		8 Knochen.

B. Die einzelnen Knochen des Hirnschädels und ihre Verbindungen.

a) **Die einzelnen Knochen.**

Das Hinterhauptbein zerfällt in Grundteil und Schuppe. Der Grundteil liegt an der Schädelbasis und umfaßt das Hinterhauptloch vorn und von den Seiten, während es hinten von dem vorderen Rand der Schuppe begrenzt wird. Der Grund-

teil vermittelt die Verbindung des Schädels mit der Wirbelsäule. Wie das Kreuzbein noch deutlich seine Entstehung aus fünf Wirbeln erkennen läßt, so trägt auch der Grundteil des Hinterhauptbeins noch Wirbelcharakter. Es besteht aus dem Körper und den beiden Seitenteilen. Der Körper entspricht dem Wirbelkörper und liegt vor dem Hinterhauptloch. Die Seitenteile entsprechen zusammen mit dem vorderen Teile der Schuppe dem Wirbelbogen, dienen wie die Querfortsätze des Wirbelbogens Muskeln zum Ansatz und tragen unten die länglichen, schräg von hinten lateral nach vorn medial gestellten Gelenkfortsätze. Die Gelenkfortsätze haben die Form von Schaukelpferdkufen und liegen vorn zu beiden Seiten des Hinterhauptloches. Die Schuppe gehört mit ihrer vorderen Hälfte zur Schädelbasis, biegt dann aber nach oben um und bildet den hinteren Giebel des Schädelgewölbes. Dieser Teil der Schuppe hat die Form eines gleichschenkligen Dreiecks, mit der Spitze nach oben. An der Umbiegungslinie der Schuppe, also etwa in der Mitte zwischen Schuppenspitze und dem Hinterrande des Hinterhauptloches, liegt außen in der Medianlinie des Schädels ein höckeriger Vorsprung, der Hinterhaupthöcker. Er ist durch eine in der Medianlinie verlaufende Leiste; die mittlere Nackenlinie, mit dem Hinterrand des Hinterhauptloches verbunden. Senkrecht zur mittleren Nackenlinie verläuft durch den Hinterhaupthöcker eine Bogenlinie parallel dem Hinterrande des Hinterhauptloches, die obere Nackenlinie. Eine zweite, der oberen Nackenlinie parallele Bogenlinie verläuft in der Mitte zwischen ihr und dem Hinterrande des Hinterhauptloches, die untere Nackenlinie. Die obere und untere Nackenlinie dienen Muskeln zum Ansatz, die mittlere Nackenlinie dem Nackenband. (Abb. 28 u. 29.)

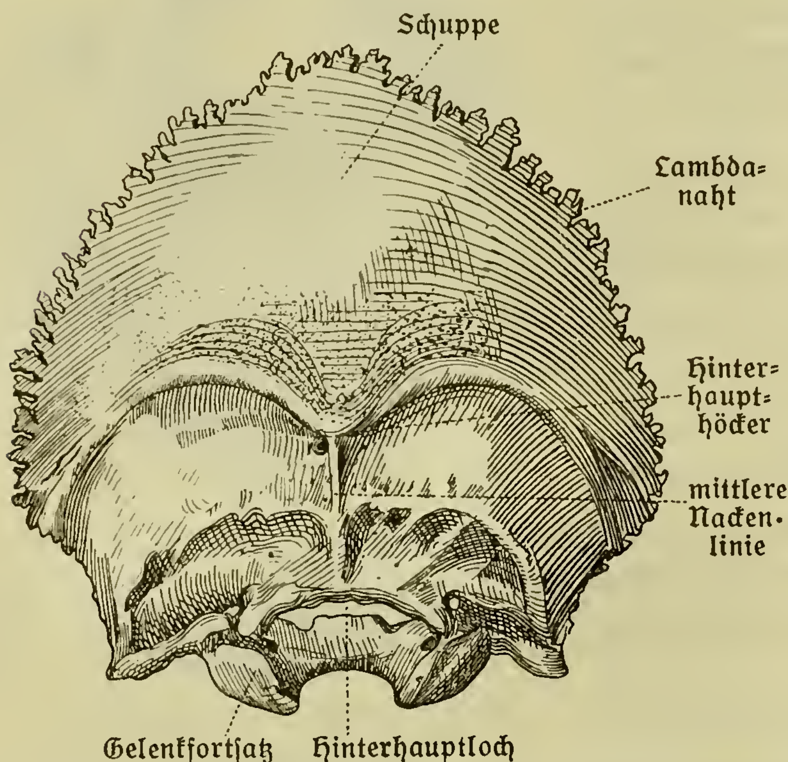


Abb. 29. Das Hinterhauptbein, von hinten. Äußere Fläche. 1/2 nat. Größe. (Bardeleben.)

Der würfelförmige Körper des Keilbeins enthält die Keilbeinhöhle, die wie die Kieferhöhlen und Stirnhöhlen eine Verbindung mit der Nasenhöhle besitzt. Alle diese Höhlen sind daher gelegentlich der Sitz von Entzündungen. Die großen und kleinen Keilbeinflügel geben dem Keilbein Schmetterlingsgestalt, woher sein zweiter Name „Schmetterlingsbein" stammt. Die Flügelfortsätze des Keilbeins bieten keine weiteren Besonderheiten. (Abb. 30.)

Die beiden Schläfenbeine bestehen aus der Pyramide und der Schläfenbeinschuppe. Die Pyramide schiebt sich an der Schädelbasis von den Seiten her in die Lücken zwischen Hinterhauptbein und großen Keilbeinflügeln ein. Die senkrecht stehende Schläfenschuppe füllt an den Seitenwänden des Schädelgewölbes die Lücke zwischen der Schuppe des Hinterhauptbeins und dem senkrechten Teil der großen Keilbeinflügel. Die Pyramide beherbergt das innere Ohr. Sie grenzt am innern Schädelgrund die

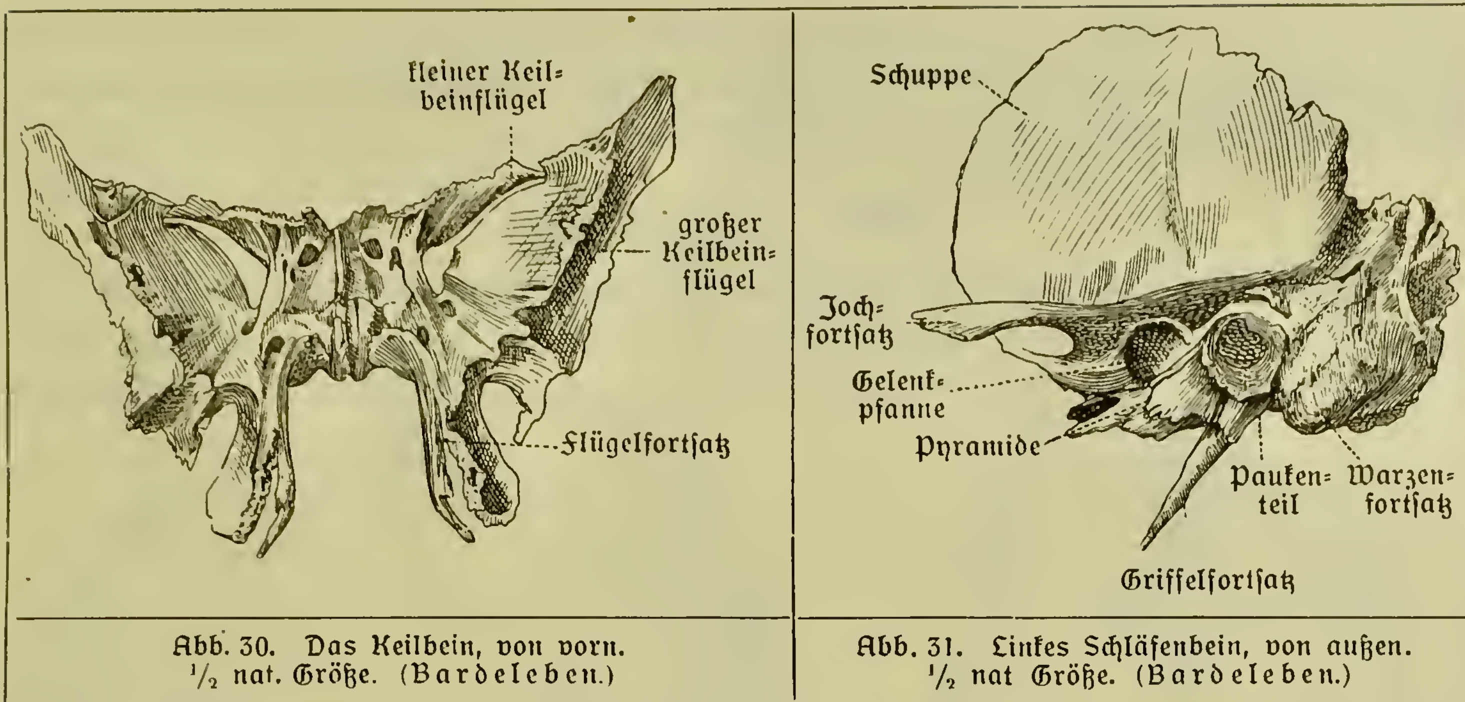


Abb. 30. Das Keilbein, von vorn. 1/2 nat. Größe. (Bardeleben.)

Abb. 31. Linkes Schläfenbein, von außen. 1/2 nat Größe. (Bardeleben.)

hintere Schädelgrube von der mittleren Schädelgrube ab. An der Grenze von Pyramide und Schläfenschuppe ragt hinten der Warzenfortsatz nach unten, von dem ein wichtiger Muskel, der Kopfhalter, entspringt. Vor ihm entspringt von der Schläfenschuppe der Jochfortsatz mit drei Wurzeln. Zwischen der hinteren und der mittleren Wurzel liegt die Öffnung des knöchernen äußeren Gehörganges, zwischen der mittleren und der wie eine Walze verdickten vorderen Wurzel die Gelenkpfanne für den Unterkiefer. Die verdickte vordere Wurzel wird Gelenkhöcker genannt. (Abb. 31 u. 40.)

Die beiden Scheitelbeine sind viereckige, platte Knochen, deren Innenflächen konkav, deren Außenflächen gewölbt sind. Der am weitesten vorspringende Punkt der Wölbung ist der Scheitelhöcker. Die Scheitelbeine bilden das eigentliche Dach des Schädelgewölbes und stoßen in der Medianlinie des Körpers geradlinig aneinander. Die Hinterseite jedes Scheitelbeins stößt an den entsprechenden Schenkel der Hinterhauptschuppe, die Vorderseite an die Hinterkante des Stirnbeins. (Abb. 32.)

Das Stirnbein ist ursprünglich auch paarig angelegt, verwächst aber bei den meisten Menschen zu einem unpaarigen Knochen. Es besteht aus dem Stirnteil und dem Augenhöhlenteil. Der Stirnteil schließt das Schädelgewölbe nach vorn zu ab. Fast rechtwinklig biegt der Augenhöhlenteil nach hinten vom Stirnteil ab und bildet die obere Wand der Augenhöhle, den vordersten Teil der Basis des Hirnschädels und am inneren Schädelgrund den Boden der vorderen Schädelgrube. An der Abknickungsstelle springen die oberen Augenhöhlenränder scharf hervor. Der Augenhöhlenteil ist in der Medianlinie längs eingeschnitten. Der Einschnitt nimmt hinten die wagerechte Siebbeinplatte, vorn die Nasenfortsätze des Oberkiefers und die Nasenbeine auf. Die platten Teile der Schädelknochen bestehen, wie erwähnt, aus zwei Knochenplatten, die durch feine Knochenbälkchen miteinander verbunden sind. Diese beiden Platten weichen am Stirnbein, dicht oberhalb der Augenhöhlen, auseinander und bilden die Stirnhöhlen. Oberhalb der Stirnhöhlen liegen die Stirnhöcker, an denen bei einigen Tieren Hörner und Geweihe ansetzen. (Abb. 33 u. 37.)

Das Siebbein besitzt eine wagerechte und drei senkrechte Platten. (Abb. 40.) Die wagerechte Platte dient den Fasern des Riechnervens zum Durchtritt aus

dem Schädel, die mittlere senkrechte Platte bildet den oberen Teil der knöchernen Nasenscheidewand, die beiden seitlichen senkrechten Platten beteiligen sich an der Bildung der medialen Wand der beiden Augenhöhlen.

b) Nähte und Fontanellen.

Die Schädelknochen sind durch Nähte miteinander verbunden, wie es auf Seite 7 beschrieben ist. Besondere Namen führen folgende Nähte: 1. Die Naht zwischen Stirnbein und den beiden Scheitelbeinen heißt Kronennaht. 2. Die in der Medianlinie

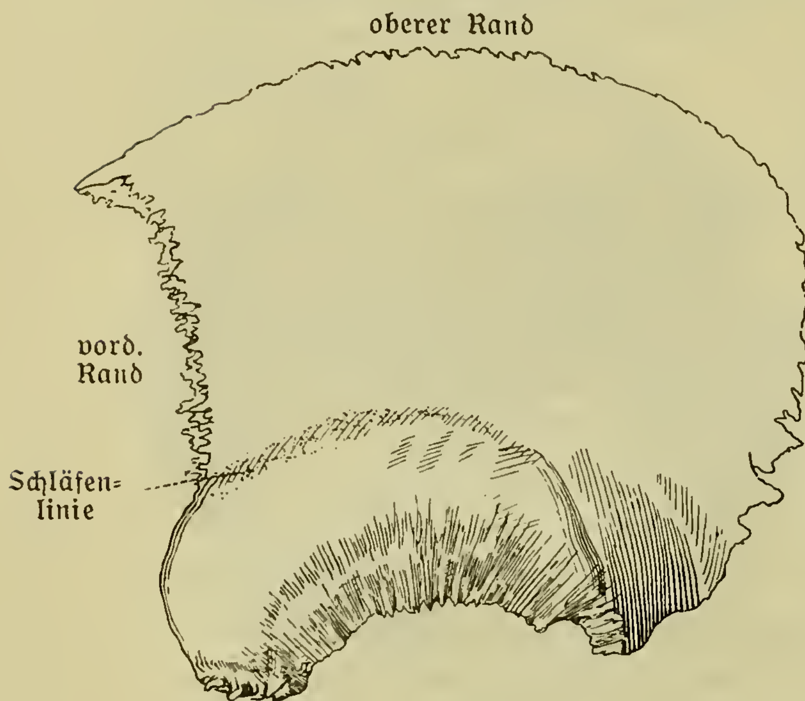


Abb. 32. Linkes Scheitelbein von außen. $^1/_2$ nat. Größe. (Bardeleben.)

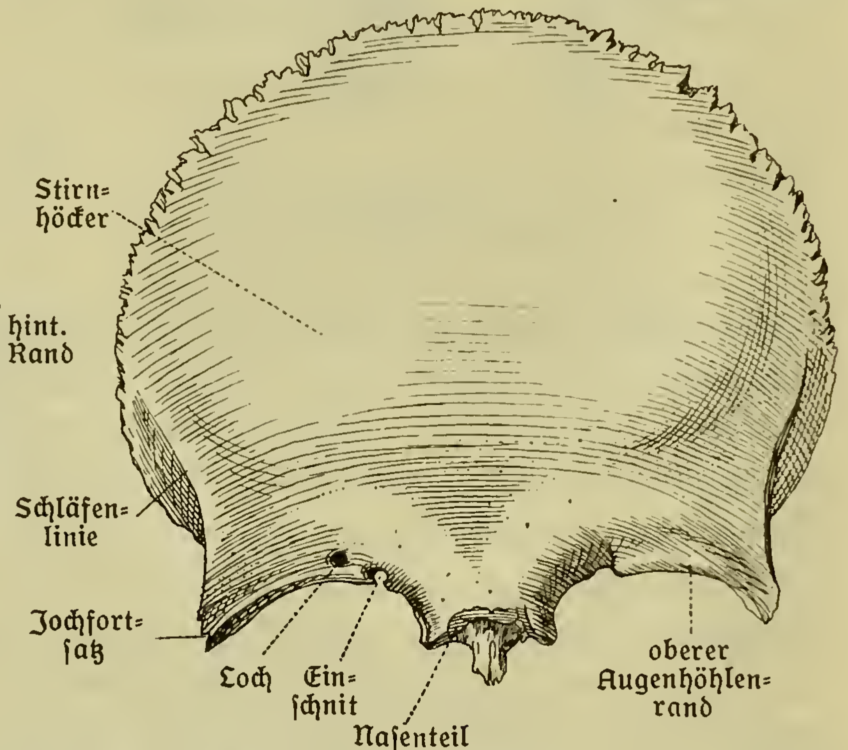


Abb. 33. Stirnbein von vorn. $^1/_2$ nat. Größe. (Bardeleben.)

des Schädels sagittal verlaufende Naht zwischen den beiden Scheitelbeinen heißt die Pfeilnaht. 3. Die Naht zwischen den beiden Scheitelbeinen und der Hinterhauptschuppe heißt Lambdanaht, da sie Ähnlichkeit mit dem griechischen Buchstaben Λ hat. 4. Die Naht zwischen der Schläfenschuppe und den Nachbarknochen heißt Schuppennaht. (Abb. 35.)

Das Schädeldach besteht bei dem werdenden Kinde aus einer bindegewebigen Haut. Die Verknöcherung beginnt an bestimmten Stellen der späteren Schädelknochen, z. B. den Stirnhöckern und Scheitelhöckern, und schreitet nach den Rändern der Knochen zu fort. Die Knochen berühren sich auch beim neugeborenen Kinde noch nicht, sondern sind durch eine bindegewebige Haut miteinander verbunden. Da die Verknöcherung kreisförmig fortschreitet, müssen beim neugeborenen Kinde an Stellen, wo mehrere Nähte zusammenstoßen, größere Lücken mit einer den Nähten entsprechenden Zahl von Ecken vorhanden sein, die sogenannten Fontanellen. Am bekanntesten sind die große Fontanelle und die kleine Fontanelle. Die große Fontanelle liegt am Vorderhaupt, am Schnittpunkt der Kronennaht und der Pfeilnaht. Da sich die Pfeilnaht beim jungen Kinde noch nach vorn zwischen die ursprünglich paarig angelegten Stirnbeine fortsetzt, ist die große Fontanelle viereckig. Die kleine Fontanelle liegt am Hinterhaupt, wo die Pfeilnaht auf die beiden Schenkel der Lambdanaht stößt, und ist, da drei Nähte zusammenstoßen, dreieckig.

C. Der Gesichtsschädel.

Der Gesichtsschädel ist, wie schon erwähnt, in den Ausschnitt, den die Flügelfortsätze des Keilbeins mit dem Keilbeinkörper und dem Augenhöhlenteil des Stirnbeins bilden, von vorn her eingefügt (s. S. 34). Er zerfällt in

a) den unbeweglichen Gesichtsschädel,

b) die beweglichen Gesichtsknochen, den Unterkiefer und das Zungenbein.

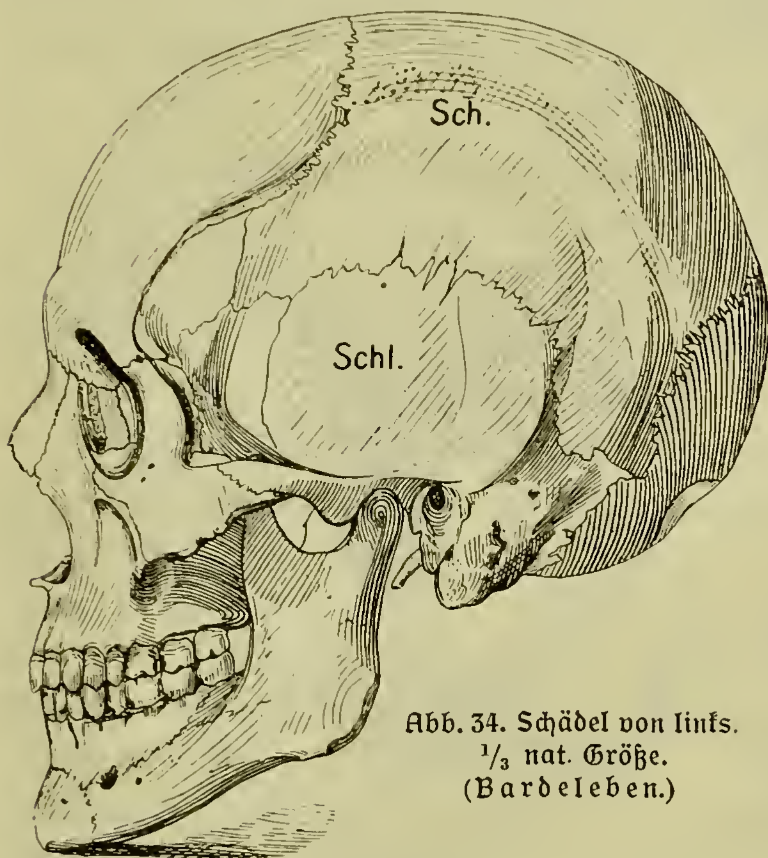


Abb. 34. Schädel von links. $^1/_3$ nat. Größe. (Bardeleben.)

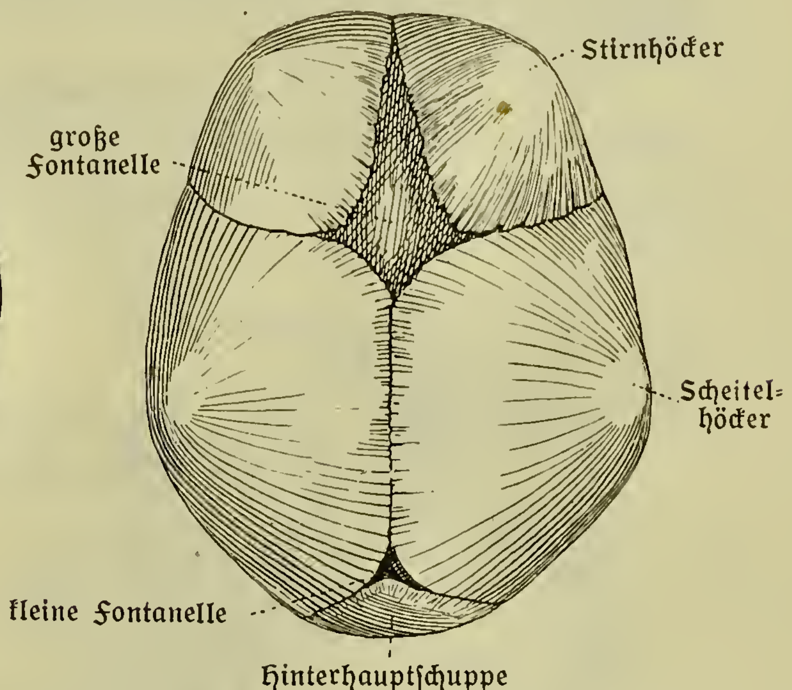


Abb. 35. Schädel des Neugeborenen von oben. Stirn- und Hinterhauptfontanelle. $^1/_3$ nat. Größe. (Bardeleben.)

a) **Der unbewegliche Gesichtsschädel.**

Der Oberkiefer bildet den Mittelpunkt des unbeweglichen Gesichtsschädels. Die übrigen Knochen des Gesichtsschädels sollen nur entweder den Oberkiefer, der namentlich beim Kauen einen starken Druck aushalten muß, in seiner Verbindung mit dem Hirnschädel festigen und stützen oder einzelne Teile der Oberkieferbeine vergrößern. Man kann sie daher in Stützknochen und Ergänzungsknochen einteilen. Stützknochen sind die beiden Jochbeine, Ergänzungsknochen die beiden Gaumenbeine, das Pflugscharbein, die unteren Muscheln, die Nasenbeine und die Tränenbeine.

Der Oberkiefer besteht aus den beiden Oberkieferbeinen. Jedes Oberkieferbein hat einen etwa viereckigen Körper, der die Kieferhöhle enthält. Von dem Körper des Oberkieferbeins gehen drei Fortsätze ab. 1. Der Nasenfortsatz geht von der Vorderwand des Körpers schräg nach oben und vorn. Er bildet die äußere Wand der knöchernen Nase. 2. Der Gaumenfortsatz geht von der inneren Wand des Körpers wagerecht medialwärts. Er ist in der Medianebene mit dem Gaumenfortsatz des anderen Oberkieferbeins verwachsen und bildet mit ihm zusammen den größeren vorderen Teil des harten Gaumens. 3. Der Zahnfortsatz geht von der Außen- und Vorderseite des Körpers und der Vorderwand des Gaumenfortsatzes senkrecht nach unten. Er verwächst in der Medianlinie mit dem Zahnfortsatz des anderen Oberkieferbeins (eigentlich vermittels des Zwischenkiefers, der im Jahre 1784 von Goethe entdeckt

wurde!). Damit sind beide Oberkieferbeine zu dem Oberkiefer vereinigt. Der gemeinsame Zahnfortsatz trägt die Zähne des Oberkiefers. Der Oberkiefer ist nun derartig dem Gehirnschädel eingefügt, daß oben die Nasenfortsätze mit dem vorderen Teil des Stirnbeineinschnittes verwachsen sind (s. S. 37) und die Hinterseiten der Körper sowie der Zahnfortsätze sich vorn an die Flügelfortsätze des Keilbeins (s. S. 35) anlehnen. Da der Oberkiefer viel schmäler ist als der Hirnschädel, entsteht zu beiden Seiten zwischen Hirnschädel und Oberkiefer ein Ausschnitt, die senkrecht verlaufende Unterschläfengrube. (Abb. 36.)

Die Jochbeine sind jederseits zwischen Jochfortsatz der Schläfenbeine, Stirnbein und großem Keilbeinflügel eingekeilt, fassen den Oberkiefer von beiden Seiten zwischen sich und erhalten ihn so fest in seiner Lage. Gleichzeitig verbreitern sie den Gesichtsschädel in Höhe des Oberkieferkörpers. Ihre Schläfenfortsätze überspannen zusammen mit den Jochfortsätzen der Schläfenbeine als Jochbogen die Unterschläfengruben. Die Jochbeine treten bei mageren Menschen als „Backenknochen" scharf seitlich hervor. (Abb. 34 u. 37.)

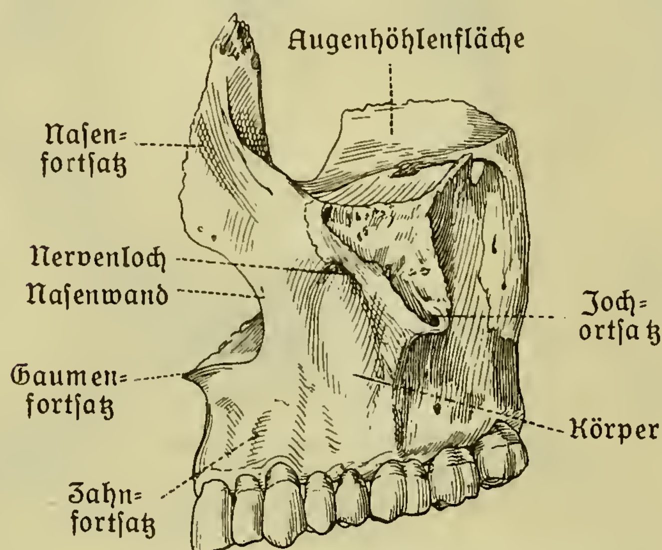


Abb. 36. Linker Oberkiefer von vorn außen. 1/2 nat. Größe. (Bardeleben)

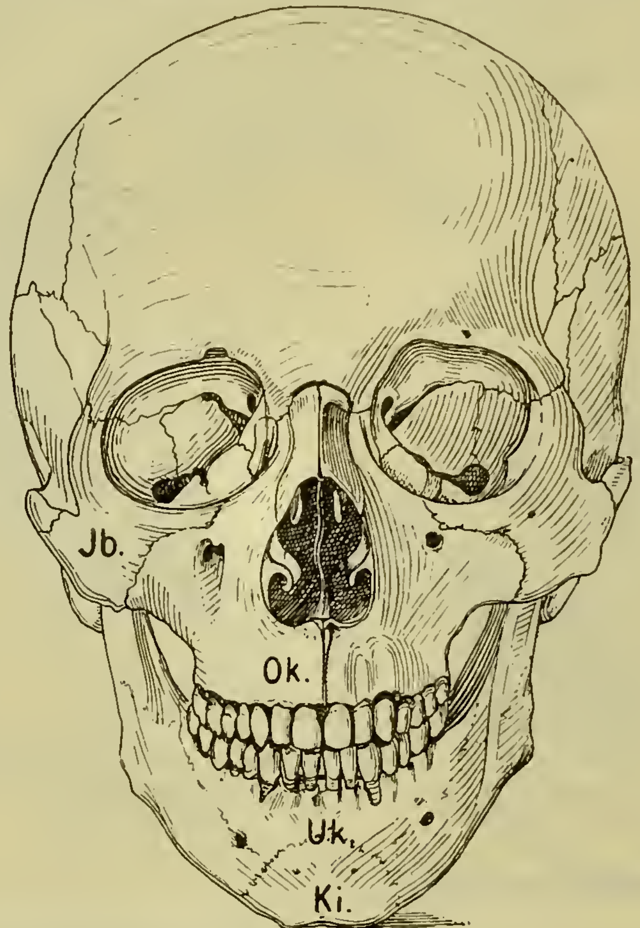


Abb. 37. Schädel von vorn. 1/3 nat. Größe. (Bardeleben.)

Von den Ergänzungsknochen des Gesichtsschädels verlängern die Gaumenbeine den harten Gaumen nach hinten. Die Nasenbeine bilden die Verbindung der Nasenfortsätze des Oberkiefers am Nasenrücken, das Pflugscharbein bildet den unteren Teil der knöchernen Nasenscheidewand. Tränenbeine und Muschelbeine sollen nur genannt werden.

b) Die beweglichen Gesichtsknochen.

Der Unterkiefer ist der mächtigste Knochen des Gesichtsskeletts. Er besteht aus dem Körper und zwei Ästen. Der Körper hat die Form eines Hufeisens mit der Öffnung nach hinten. Er trägt auf seinem oberen Rand den Zahnfortsatz mit den Zähnen. Die beiden Äste steigen an den hinteren Enden des Körpers unter einem Winkel von etwa 120°, dem Kieferwinkel, schräg nach oben und hinten. Jeder Ast läuft oben in zwei Fortsätze aus, den vorngelegenen Krohnenfortsatz und den hinten ge-

legenen Gelenkfortsatz. Der Krohnenfortsatz dient dem Schläfenmuskel, dem Hauptkaumuskel, zum Ansatz. Der Gelenkfortsatz trägt an seinem Ende den quergestellten, eiförmigen Gelenkkopf, der selbstverständlich überknorpelt ist. Darunter liegt der eingeschnürte Unterkieferhals. (Abb. 38.)

Das Zungenbein hat ebenfalls die Gestalt eines nach hinten geöffneten Hufeisens. Das Mittelstück, eine rechteckige Platte, heißt Körper. Von ihm erstrecken sich die großen Hörner nach hinten. Das Zungenbein liegt an der Vorderwand des Halses, gerade an dem Winkel, den sie mit dem Boden der Mundhöhle bildet. (Abb. 39.)

D. Gelenke des Kopfes.

a) Gelenkverbindungen des Kopfes mit der Halswirbelsäule.

Die Gelenkverbindung des Kopfes mit der Halswirbelsäule ist Seite 23 näher besprochen, die Bewegungen des Kopfes gegen die Halswirbelsäule Seite 27.

b) Das Kiefergelenk.

Man müßte eigentlich von den Kiefergelenken sprechen, da der Unterkiefer durch zwei Gelenke mit dem Schädel verbunden ist. Die beiden Gelenke sind aber bei der Hauptbewegung, Kieferöffnung und Kieferschluß, ihrer Funktion nach ein Gelenk, so daß man mit Recht „das Kiefergelenk" sagen kann. Das Gelenk ist ein Scharniergelenk, und zwar dreht sich der Unterkiefer um eine Achse, die mit der frontalen Verbindungslinie beider Kiefergelenke zusammenfällt. Jedes Einzelgelenk wird von dem länglichen, quergestellten Gelenkkopf des Unterkiefers und der zwischen vorderer und mittlerer Wurzel des Jochfortsatzes gelegenen Gelenkpfanne gebildet und stellt eine Art Eigelenk dar, wenn auch die kleine Achse nur sehr geringe Ausdehnung besitzt. Die große Achse fällt mit der Achse des Doppelgelenkes zusammen.

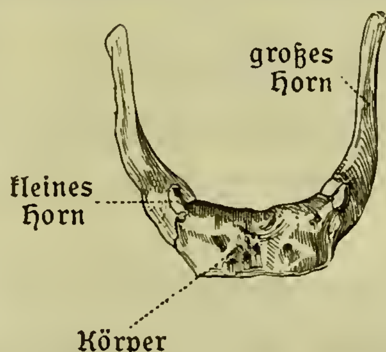


Abb. 39. Zungenbein von vorn-oben. ½ nat. Größe. (Bardeleben.)

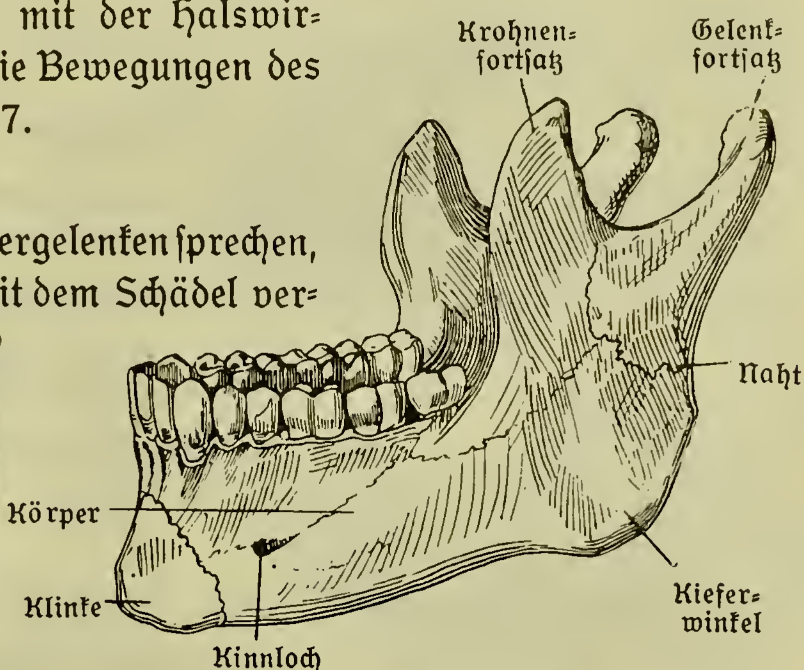


Abb. 38. Unterkiefer von links gesehen. ½ nat. Größe. (Bardeleben.)

Die Bewegung des Gelenkkopfes bei der Kieferöffnung findet nur im Beginn innerhalb der Gelenkpfanne statt. Zur weiteren Öffnung wird der Gelenkkopf durch einen besonderen Muskel nach unten und vorn über den walzenförmigen Gelenkhöcker gezogen. Man kann diese Verschiebung des Gelenkkopfes an sich selbst dicht vor dem Ohr unter der Haut abtasten. Das Kiefergelenk besitzt wie viele andere Gelenke einen zwischen Gelenkkopf und Gelenkpfanne eingelagerten Zwischenknorpel, der aber nicht wie bei anderen Gelenken mit der Gelenkpfanne, sondern mit der festen, aber weiten Gelenkkapsel verwachsen ist. Er muß daher die Verschiebung des Gelenkkopfes bei der Kieferöffnung mitmachen, wodurch ein Reiben des Gelenkkopfes auf dem Gelenkhöcker verhindert wird. Das Kiefergelenk hat also zwei Gelenkhöhlen, die

eine zwischen Gelenkpfanne und Gelenkknorpel, die andere zwischen Zwischenknorpel und Gelenkkopf. Der Zwischenknorpel ist gewissermaßen eine zweite Gelenkpfanne. Der Unterkiefer nimmt sich nach Brösickes Ausdruck diese zweite Gelenkpfanne bei seinen Bewegungen mit. Beim Kieferschluß gleitet der Gelenkkopf mit Zwischenknorpel wieder in seine eigentliche Gelenkpfanne zurück. Jedoch kann der Gelenkkopf bei sehr weiter Kieferöffnung oder bei einer Gewalteinwirkung zu weit nach vorne treten. Dann kann er bei Kieferschluß nicht zurückgleiten, es entsteht die sogenannte Mundsperre.

Abgesehen von der eben beschriebenen Hauptbewegung der Kieferöffnung und des Kieferschlusses kann der Unterkiefer seitlich verschoben werden, wie es bei der mahlenden Bewegung des Kauens geschieht. Diese Bewegung kommt dadurch zustande, daß sich bei der Verschiebung nach links der linke Gelenkkopf etwas dreht, der rechte dagegen nach vorn auf den Gelenkhöcker tritt, und umgekehrt.

c) Die Verbindungen des Zungenbeins.

Das Zungenbein wird durch lange, schnurförmige Bänder und Muskeln mit dem Kopf verbunden und in seiner Lage an der Vorderseite des Halses erhalten. Es kann dabei in recht weiten Grenzen aufwärts und abwärts bewegt werden.

E. Die Höhlen des Schädels.

Die Höhlen des Schädels wurden zwar bei der Besprechung der Knochen schon mehrfach erwähnt, sollen aber der Übersicht wegen noch einmal im Zusammenhang kurz besprochen werden.

a) **Die Schädelhöhle.** Man bezeichnet als Schädelhöhle (Abb. 40) den Raum innerhalb der knöchernen Kapsel des Hirnschädels. Die Umgrenzung der Schädelhöhle ist länglich oval, vorn etwas schmäler als hinten. Die Innenseite des Schädeldaches zeigt keine Besonderheiten. Die Innenseite des Schädelgrundes besteht aus drei Gruben, der vorderen, mittleren und hinteren Schädelgrube. Der Grund der vorderen Schädelgrube liegt, entsprechend dem ansteigenden Verlauf des Körpers des Hinterhauptbeines und der Gestalt des Keilbeinkörpers, höher als der Grund der mittleren Schädelgrube, und der Grund der mittleren höher als der der hinteren. Die hintere Schädelgrube wird im wesentlichen von der Schuppe des Hinterhauptbeins gebildet, gegen die mittlere Schädelgrube durch die Pyramide des Schläfenbeins abgegrenzt und nimmt das Kleinhirn auf. In ihr liegt das Hinterhauptloch. Die mittlere Schädelgrube wird von dem Schläfenbein und ganz vorn von den großen Keilbeinflügeln gebildet und gegen die vordere Schädelgrube durch die kleinen Keilbeinflügel abgegrenzt. Der Keilbeinkörper teilt sie in zwei seitliche Hälften, die die beiden Schläfenlappen des Großhirns aufnehmen. Die vordere Schädelgrube enthält den Stirnlappen des Großhirns. Ihr Boden besteht aus dem Augenhöhlenteil des Stirnbeins, in das in der Medianlinie die wagerechte Platte des Siebbeins eingelassen ist.

b) **Die Augenhöhlen.** Jede Augenhöhle (Abb. 37 u. 34) hat die Gestalt eines Trichters, dessen Spitze hinten gelegen ist und dessen weite Öffnung mit dem vorderen Rand der Augenhöhle zusammenfällt. An der Spitze sieht man ein Loch, durch das der Sehnerv aus der Schädelhöhle in die Augenhöhle tritt. Mehrere Spalten gehen zum

Durchtritt von Nerven und Blutgefäßen von dem Loch aus. Das Dach der Augenhöhlen wird vom Augenhöhlenteil des Stirnbeins gebildet, der Boden vom Körper des Oberkieferbeins, die mediale Wand von einer seitlichen senkrechten Platte des Siebbeins, die laterale Wand von der vorderen Hälfte des entsprechenden großen Keilbeinflügels. Die laterale Wand und der Boden erhalten durch Anlagerung des Jochbeins einen scharfen Rand, das Dach durch die scharfe Umbiegungsstelle zwischen Stirnteil und Augenhöhlenteil des Stirnbeins, während die mediale Wand ohne scharfe Grenzen in das Nasenskelett übergeht. Dicht unterhalb des unteren Randes der Augenhöhle sieht man ein Loch zum Austritt für den Gesichtsnerven, den gefürchteten Träger des Gesichtsschmerzes.

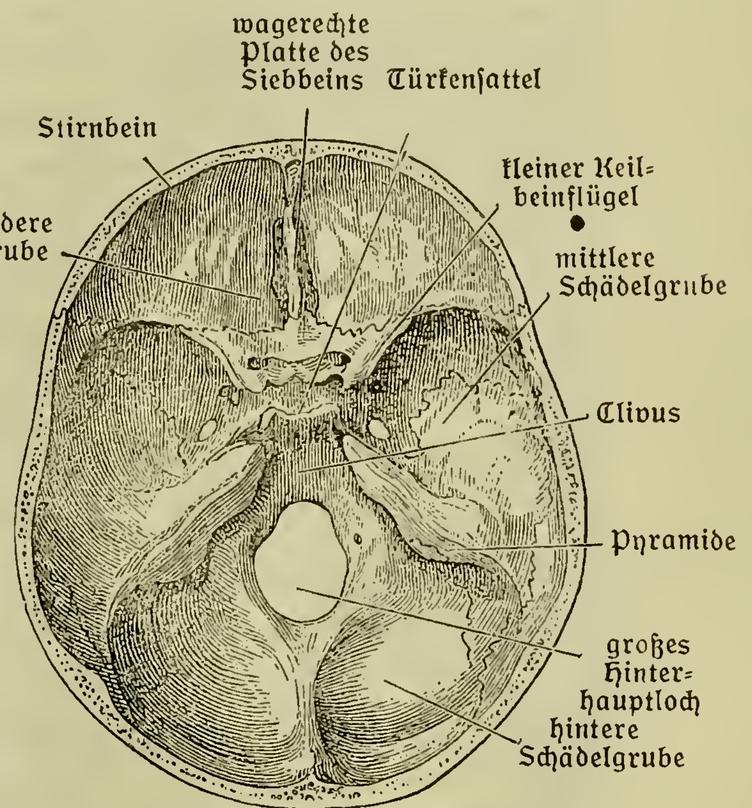


Abb. 40. Basis der Schädelhöhle. (Nach Ranke.)

c) **Die Nasenhöhle.** Die Wände der Nasenhöhle werden fast vollständig vom Oberkiefer und seinen Ergänzungsknochen gebildet. Der harte Gaumen bildet ihren Boden und gleichzeitig ihre Scheidewand gegen die Mundhöhle, die Körper des Oberkiefers und weiter oben die Nasenfortsätze und das Siebbein ihre Seitenwände, die wagerechte Platte des Siebbeins ihr Dach. Die Nasenhöhle wird durch die sagittal gestellte Nasenscheidewand (oben Siebbein, unten Pflugscharbein) in zwei gleiche Hälften geteilt. An den lateralen Wänden der Nasenhöhle liegt jederseits die untere Muschel und weiter oben zwei ähnliche Auswüchse des Siebbeins, die mittlere und obere Muschel. Die schon erwähnten Stirnhöhlen, Kieferhöhlen und Keilbeinhöhle haben Zugänge zur Nase. Die Nasenhöhle hat eine vordere und eine hintere Öffnung, die Nasenlöcher und die in den Nasenrachenraum führenden Choanen.

d) **Die Mundhöhle.** Das Dach der Mundhöhle besteht aus dem harten Gaumen, ihre Vorderwand und Seitenwände aus dem Unterkiefer und den Zahnfortsätzen des Unterkiefers und Oberkiefers mit Zähnen. Ein Boden fehlt der Mundhöhle am Skelett, er wird von Muskeln gebildet. Auch die Mundhöhle hat wie die Nasenhöhle nach hinten eine Öffnung, die ebenfalls in den Nasenrachenraum führt.

e) **Der Nasenrachenraum.** Der Nasenrachenraum liegt in dem Ausschnitt zwischen Hirnschädel und Gesichtsschädel oder, mit anderen Worten, zwischen dem schräg aufsteigenden Körper des Hinterhauptbeins und den Flügelfortsätzen des Keilbeins. Sein schräges Dach nebst Hinterwand besteht aus dem Körper des Keilbeins und des Hinterhauptbeins, weiter unten aus den Körpern der Halswirbel. Die Seitenwände werden durch Weichteile, den Schlundkopf, gebildet, die auch die Hinterwand überziehen. Die Vorderwand fehlt. Dort liegen die Öffnungen zur Nasenhöhle und Mundhöhle, die durch den harten Gaumen voneinander geschieden sind. Die obere Öffnung nach der Nase ist außerdem durch die Nasenscheidewand in zwei Hälften geteilt. Das Verhältnis des Nasenrachenraums zur Nasenhöhle und Mundhöhle wird am besten durch den Vergleich

mit Räumen eines Hauses veranschaulicht. Die Mundhöhle gleicht einem Zimmer in dem einen Stockwerk, die Nasenhöhle dem gleichen Zimmer in dem nächsthöheren Stockwerk. Der Nasenrachenraum ist dann der große, durch beide Stockwerke gehende Saal.

f) **Die Schläfengrube und Unterschläfengrube.** Der Oberkiefer ist wesentlich schmäler als der Hirnschädel. Daher entsteht eine Ecke zwischen Oberkiefer und Flügelfortsätzen des Keilbeins einerseits und der Seitenwand des Hirnschädels andererseits. Diese Ecke oder Winkel wird Unterschläfengrube oder Kiefergrube genannt und setzt sich nach oben in die eigentliche Schläfengrube fort. Letztere ist der Winkel zwischen der Hinterwand des Jochbeins und der Seitenwand des Hirnschädels bis zur Schläfenbeinschuppe einschließlich. Die Außenfläche der Schläfenbeinschuppe heißt auch Schläfenfläche. Diese setzt sich an der Außenseite des Schädelgewölbes bis zur bogenförmigen Schläfenlinie fort und dient dem Schläfenmuskel, dem größten Kaumuskel, zum Ursprung. Schläfengrube und Unterschläfengrube werden nach vorn zu vom Jochbein verdeckt. Der nach hinten zur Schläfenbeinschuppe verlaufende Jochbogen bildet etwa die Grenze zwischen ihnen. In der Unterschläfengrube liegt der Krohnenfortsatz des Unterkiefers und drei Kaumuskeln.

F. Außenfläche der Schädelbasis.

Auch die Außenfläche der Schädelbasis (Abb. 28) ist schon bei den einzelnen Schädelknochen teilweise beschrieben. Die einzelnen Teile sollen hier nur noch einmal zusammenfassend in ihrer Lage zueinander aufgezählt werden.

In der Mitte der Schädelbasis, etwas weiter nach hinten gelegen, sieht man das Hinterhauptsloch. Der hinter dem Hinterhauptsloch gelegene Teil der Schädelbasis wird von der wagerechten Hälfte der Schuppe des Hinterhauptbeins gebildet. Ganz hinten in der Medianlinie, an der Grenze zwischen Basis und Schädelgewölbe, liegt der Hinterhauptshöcker mit mittlerer, oberer und unterer Nackenlinie; rechts und links neben dem Hinterhauptsloch, etwas mehr nach vorn gelegen, befinden sich die Gelenkfortsätze für die Verbindung mit der Halswirbelsäule, seitlich davon die Seitenteile des Hinterhauptbeins zum Ansatz für die seitlichen geraden Kopfmuskeln, noch weiter auswärts die Warzenfortsätze. Vor dem Hinterhauptsloch liegt in der Mittellinie der Körper des Hinterhauptbeins und Keilbeins, das Dach und die Hinterwand des Nasenrachenraums. Der Körper des Hinterhauptbeins zeigt unmittelbar vor dem Hinterhauptsloch eine Rauhigkeit zum Ursprung der Beugemuskeln des Kopfes. Etwa 1 cm vor dem Hinterhauptsloch liegt ein kleiner Höcker zum Ursprung für den Schlundkopf. Zu beiden Seiten davon befinden sich die Pyramiden des Schläfenbeins. Hier sieht man mehrere Löcher zum Durchtritt für die Arterien und Venen des Gehirns und für Gehirnnerven. Noch weiter seitlich liegt die Gelenkpfanne für die Kiefergelenke, zwischen dieser und den Warzenfortsätzen die Öffnung des knöchernen äußeren Gehörganges. Weiter vorn sieht man in der Mitte den unteren Rand der Choanen, daneben die unteren Enden der Flügelfortsätze des Keilbeins. Ganz vorn liegt dann in der Mitte der harte Gaumen mit der Zahnreihe des Oberkiefers, seitlich die unteren Seiten der Jochbogen und der Jochbeine. Darüber liegen, von den genannten Teilen verdeckt, die Augenhöhlen und der Augenhöhlenteil des Stirnbeins, als untere Fläche des vorderen Teiles der Hirnschädelbasis.

4. Der Brustkorb.

A. Die einzelnen Knochen des Brustkorbes.

Der Brustkorb wird von dem Brustbein und den Rippen gebildet und hinten durch die Brustwirbelsäule abgeschlossen.

a) Das Brustbein.

Das Brustbein (Abb. 41) ist ein platter Knochen von etwa 20 cm Länge. Es besteht aus drei Teilen, dem Handgriff, dem Körper und dem Schwertfortsatz, die meist knorpelig miteinander verbunden sind. Handgriff und Körper sind in einem nach hinten offenen, stumpfen Winkel von etwa 150° gegeneinander abgeknickt. Man bezeichnet den nach vorn vorspringenden Scheitelpunkt dieses Winkels als Ludwigschen Winkel. An dieser Stelle setzt jederseits der Knorpel der 2. Rippe an. Man kann sich daher von hier aus die Rippen am lebenden Menschen abzählen. Der Handgriff ist etwa 6 cm hoch und hat die Form eines gleichseitigen Dreiecks mit abgestumpften Ecken, dessen eine Ecke nach unten liegt und dessen obere Seite in der Mitte rundlich ausgeschnitten ist. Zu beiden Seiten dieses Ausschnittes, des Kehlausschnittes, liegen an den abgestumpften Ecken überknorpelte Gelenkflächen zur Verbindung mit dem Schlüsselbein. Unmittelbar darunter, bereits an den seitlichen Rändern des Handgriffes, setzen jederseits die ersten Rippen an. Der Körper ist am Ludwigschen Winkel ziemlich schmal und wird nach unten zu allmählich breiter. Er dient den Knorpeln der 3.–7. Rippe in nach unten allmählich geringer werdenden Zwischenräumen zum Ansatz. Der Schwertfortsatz hat unregelmäßige, verschiedene Gestalt und besteht häufig größtenteils aus Knorpel. Er ist meist etwas nach hinten gerichtet, bei manchen Menschen aber nach vorn.

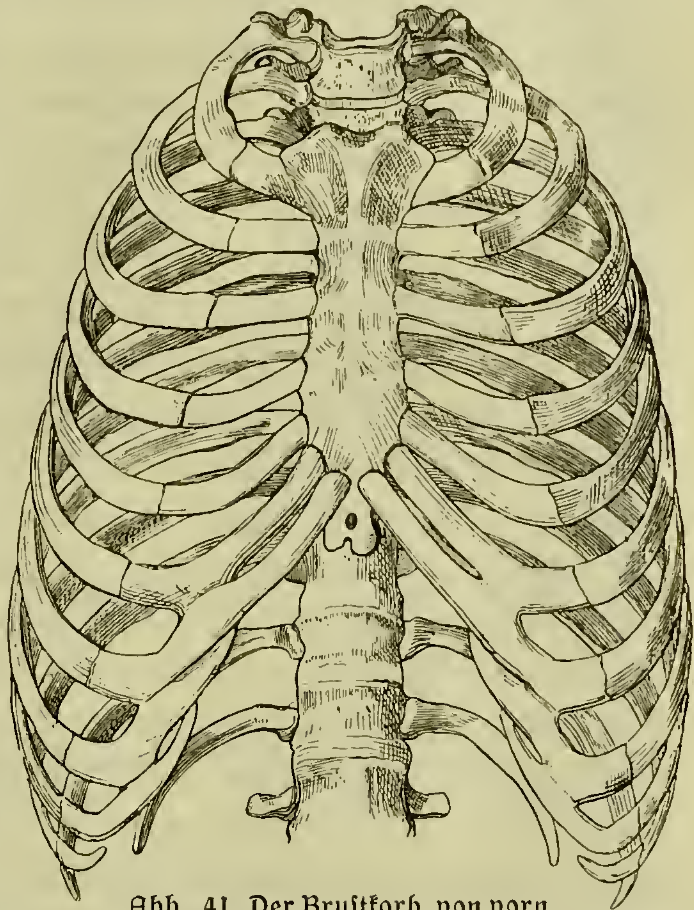


Abb. 41. Der Brustkorb, von vorn. 1/5 nat. Größe. (Bardeleben.)

b) Die Rippen.

Die Rippen (Abb. 41 u. 42) bestehen aus Rippenknochen und Rippenknorpel. Die Rippenknorpel verbinden die Rippenknochen mit dem Brustbein. Die Rippenknochen, die eigentlichen „Rippen", sind spangenartige, gebogene Knochenstücke, an denen man ein hinteres Ende und den Körper unterscheiden kann. Wenn man will, kann man auch von einem vorderen Ende sprechen. Jedoch geht der Körper tatsächlich, vielleicht mit einer geringen vorderen Verdickung, unmittelbar in den Rippenknorpel über. Man unterscheidet am Körper zwei schmale Flächen und zwei Kanten. Die obere Kante ist mehr stumpf, die untere mehr scharf. Unmittelbar über der unteren Kante befindet sich an der Innenfläche eine Längsrinne, in der Blutgefäße und Nerven verlaufen. Man kann

an dieser Längsrinne und dem hinteren Ende erkennen, ob eine vorgelegte Rippe eine rechte oder linke ist, da ja die Rinne unten liegen muß.

Der Rippenkörper zeigt zwei Krümmungen, eine Flächenkrümmung und eine Kantenkrümmung. Die Flächenkrümmung macht die Innenfläche konkav, die Außenfläche konvex und ist hinten wesentlich stärker ausgeprägt als vorn in der Nähe des Rippenknorpels. Sie erscheint an einer Stelle als winkelige Abknickung, so daß man von einem Rippenwinkel spricht. Die Flächenkrümmung bewirkt die allseitige Wölbung des Brustkorbes. Die Kantenkrümmung ist nach unten bzw. nach außen konvex, da die oberen Rippen, je höher, je mehr, nicht mehr senkrecht, sondern schräg oder (die 1. Rippe) nahezu wagerecht stehen. Außerdem ist der Rippenkörper noch um seine Längsachse leicht korkzieherartig gedreht. Das hintere Ende der Rippe ist ganz leicht stumpfwinklig gegen den Körper abgeknickt. An dem Scheitelpunkt dieses Winkels liegt der Rippenhöcker, der eine überknorpelte Gelenkfläche zeigt und mit dem Querfortsatz des entsprechenden Wirbels gelenkig verbunden ist. Das hintere Ende trägt das Rippenköpfchen. Die Gelenkflächen der Rippenköpfchen der 2.—10. Rippe zeigen eine Querleiste, da diese Rippen je zwischen zwei benachbarten Wirbelkörpern ansetzen. Jeder Rippenknochen geht vorn in den Rippenknorpel über. Der Knorpel der 1. Rippe verwächst unmittelbar mit dem Brustbein. Die Knorpel der 2.—7. Rippe sind gelenkig mit dem Brustbein verbunden. Die Knorpel der 8.—10. Rippe erreichen das Brustbein nicht, sondern gehen in den Knorpel der nächst höher gelegenen Rippe über und stehen somit sämtlich nur vermittels des Knorpels der 7. Rippe mit dem Brustbein in Verbindung. Die 11. und 12. Rippe endigen mit einer knorpeligen Spitze frei in der Bauchmuskulatur.

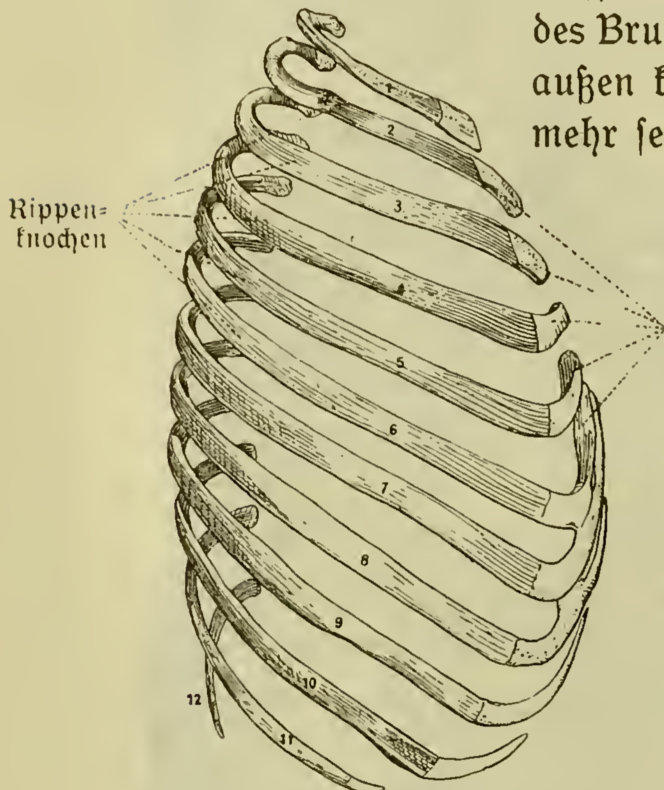


Abb. 42. Die 12 Rippen, von rechts gesehen, in natürlicher Haltung. $^1/_6$ nat. Größe. (Bardeleben.)

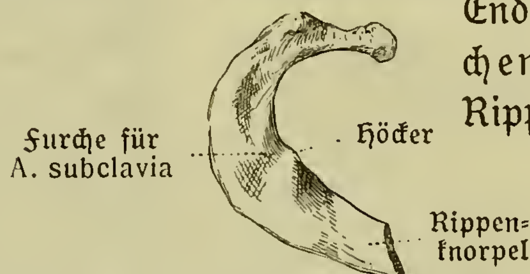


Abb. 43. Die erste Rippe, von oben. $^1/_4$ nat. Größe. (Bardeleben.)

Man teilt die Rippen ein in wahre und falsche Rippen, je nachdem ihre Knorpel das Brustbein erreichen oder nicht. Danach sind die 1.—7. Rippe wahre Rippen, die 8.—12. falsche Rippen, die 11. und 12. Rippe, die in gar keiner Verbindung mit den übrigen Rippen stehen, werden als „freie Rippen" noch besonders benannt. Die Rippenknorpel werden ebenso wie die Rippenknochen von oben nach unten größer. Der Knorpel der ersten Rippe ist nur ganz kurz. Die Knorpel der 8.—10. Rippe sind für sich allein ja wieder kürzer als die der nächsthöheren Rippen. Rechnet man jedoch den 7. Rippenknorpel bis zur Ansatzstelle der drei folgenden hinzu, so wird die knorpelige Verbindung der 8.—10. Rippe ebenfalls nach unten zu immer länger. Der untere Rand der Knorpel der 7.—10. Rippe heißt Rippenbogen, der Winkel, den beide Rippenbogen am Schwertfortsatz miteinander bilden, Brustkorbwinkel.

B. Die Gelenke, Bänder und Bewegungen des Brustkorbes.

1. Rippenköpfchen und Rippenhöcker jeder Rippe bilden mit dem zugehörigen Wirbel zwei völlig getrennte Gelenke. Beide sind jedoch ihrer Funktion nach ein Gelenk und zwar ein Scharniergelenk, dessen Achse mit der Längsachse des Rippenhalses (gleich der Verbindungslinie beider Gelenke) zusammenfällt. Die Bewegung der Rippen gegen die Wirbelsäule in diesem Doppelgelenk kann nur in einem Heben und Senken der einzelnen Rippen, weiter jedes Rippenpaares und damit des ganzen Brustkorbes bestehen, wie es bei der Einatmung und Ausatmung erfolgt. Die Rippen stehen in ihrer natürlichen Lage in einem nach unten zu spitzen Winkel zur Wirbelsäule. Infolge dieser Stellung liegt die hintere Ansatzstelle der Rippen höher als ihr vorderes Ende. Beide Punkte sind natürlich nicht geradlinig, sondern infolge der erwähnten Kantenkrümmung des Rippenknochens, die sich in dem Rippenknorpel fortsetzt, in einem nach unten konvexen Bogen verbunden. Daher liegt der tiefste Punkt der Rippe nicht an ihrer vorderen Ansatzstelle, sondern im Verlaufe dieses Bogens und zwar an der Knorpelknochengrenze. Werden die Rippen gehoben, so wird damit das Brustbein gleichzeitig nach vorn geschoben und der Pfeildurchmesser des Brustkorbes vergrößert. Die Achse, um die sich die Rippen dabei drehen, ist jedoch nicht völlig frontal, sondern schräg von vorn medial nach hinten lateral gestellt. Daher werden die einzelnen Rippen beim Anheben auch seitlich mehr herausgeschoben und so auch der Querdurchmesser des Brustkorbes vergrößert, namentlich weiter unten, wo die Rippen eine größere Länge aufweisen und vermöge der größeren Länge der Rippenknorpel beweglicher sind.

2. Beide Durchmesser werden bei der Brustkorbhebung weiter durch eine tatsächliche Verlängerung der Gesamtrippe (Rippenknochen und Rippenknorpel) vergrößert. Der Rippenknorpel bildet nämlich in der Ruhestellung des Brustkorbes keineswegs die fortlaufende Verlängerung der Rippenknochen nach vorn, sondern ist in der Nähe der Knorpel-Knochengrenze in einem nach oben offenen Winkel abgeknickt. Bei der Hebung der Rippen gleicht sich dieser Winkel aus, wodurch natürlich eine Verlängerung der Gesamtrippe und damit eine noch erheblichere Vergrößerung des Pfeildurchmessers und Querdurchmessers des Brustkorbes eintreten muß. Dieser Wechsel zwischen winkeliger Abknickung und (sagen wir trotz der dabei entstehenden gekrümmten Linie) Streckung des Rippenknorpels wird durch seine Elastizität bedingt, die hier gewissermaßen ein Gelenk ersetzt.

3. Die Rippenknorpel sind, wie schon erwähnt, mit dem Brustbein durch Gelenke verbunden, die, wie jedes Gelenk, von einer bindegewebigen Kapsel umgeben sind. Die Kapseln sind ziemlich straff und gestatten daher im Gelenk selbst nur eine geringe Bewegung. Die Beweglichkeit ist in Verbindung mit der unter Nr. 2 besprochenen Elastizität des Rippenknorpels gerade so groß, daß dabei der feste Zusammenhalt gewahrt bleibt. Der Knorpel der 1. Rippe geht ohne Gelenk unmittelbar in das Brustbein über, die Knorpel der 8., 9. und 10. Rippe sind durch Bandmassen mit dem Knorpel der 7. Rippe verbunden.

4. Die Zwischenräume zwischen je zwei benachbarten Rippen sind hinten durch Bänder ausgefüllt.

5. Die 12. Rippe ist mit dem hinteren Teile des Darmbeinkammes durch das vier-

seitige Lendenband verbunden, das auch an den Querfortsätzen der Lendenwirbel ansetzt und unmittelbar hinter dem vierseitigen Lendenmuskel liegt. Es dient den breiten Bauchmuskeln zum Ursprung.

C. Die Form des Brustkorbes und ihre Entstehung.

Es empfiehlt sich, zum Verständnis die vorhergehenden Abschnitte durchzulesen.

Der Brustkorb hat etwa die Form eines Bienenkorbes (oben geringerer, unten größerer Umfang), die sich aus der allmählichen Längenzunahme der Rippen nach unten zu ergibt. Der Brustkorb ist oben und unten offen, hat also eine obere und eine untere Brustkorböffnung. Die obere Brustkorböffnung wird von den ersten Rippen gebildet und ist daher wesentlich enger als die untere Brustkorböffnung. Sie liegt nicht in einer horizontalen Ebene, sondern ist etwa 45° nach vorn geneigt. Ihre Form entspricht beim Erwachsenen einer quergelegten Bohne mit dem Einschnitt nach hinten, der durch die vorspringende Wirbelsäule gebildet wird. Der enge mittlere Teil der oberen Brustkorböffnung dient der Luftröhre, Speiseröhre und den Blutgefäßen für Hals, Kopf und obere Gliedmaßen zum Eintritt bzw. Austritt. Zu beiden Seiten ragen die Lungenspitzen mehrere Zentimeter über die obere Brustkorböffnung hinaus. Die untere Brustkorböffnung hat eine ähnliche Gestalt wie die obere. Sie wird hinten und seitlich von dem 12. Brustwirbel, den 12. Rippen, den Spitzen der 11. Rippen und den Knorpelknochengrenzen der 10. Rippen begrenzt und liegt bis dahin annähernd in einer Ebene. Sie folgt weiter nach vorn den beiden Rippenbogen bis zum Schwertfortsatz, schneidet also in die Vorderwand des Brustkorbes nach oben ein. Die untere Brustkorböffnung wird durch das Zwerchfell, das die Brusthöhle von der Bauchhöhle trennt, verschlossen. Die zwischen den einzelnen Rippen verbleibenden Lücken heißen Zwischenrippenräume. Sie werden hinten, wie schon erwähnt, durch die Zwischenrippenbänder geschlossen, weiter vorn durch die inneren und äußeren Zwischenrippenmuskeln. Der Brustkorb wurde in seiner Form mit einem Bienenkorb verglichen, ist dabei aber nicht gleichmäßig rund, sondern von vorn nach hinten abgeplattet, so daß der Pfeildurchmesser kleiner ist als der Querdurchmesser. Die Abplattung folgt aus der Gestalt und der abwärts geneigten Stellung der Rippen zur Wirbelsäule.

Die endgültige Form des Brustkorbes bildet sich ebenso wie die endgültige Form der Wirbelsäule erst allmählich heraus. Der Brustkorb hat ursprünglich Kielform (Abb. 44 A), sein Pfeildurchmesser ist also größer als sein Querdurchmesser. Die Rippen bilden dabei mit der Wirbelsäule nicht einen nach unten spitzen, sondern einen rechten Winkel, ja, sie sind wohl gar nach oben anstatt nach unten gerichtet. Das Verhältnis beginnt sich schon vor der Geburt, der Vererbung folgend, durch entsprechendes Wachstum der Rippen zu ändern, so daß der Brustkorb seiner späteren Form (Abb. 44 B) zustrebt. Immerhin ist der Brustkorb des neugeborenen Kindes noch rundlich, sein Pfeil- und Querdurchmesser also nahezu gleich. Nach der Geburt setzen neben der Vererbung mechanische Kräfte ein, die das Wachstum beeinflussen und den Brustkorb formen. Die mechanischen Kräfte ergeben sich 1. aus der Annahme der aufrechten Körperhaltung und 2. aus den Atembewegungen.

1. Der Brustkorb der vierfüßigen Tiere behält dauernd Kielform, da das Schwer-

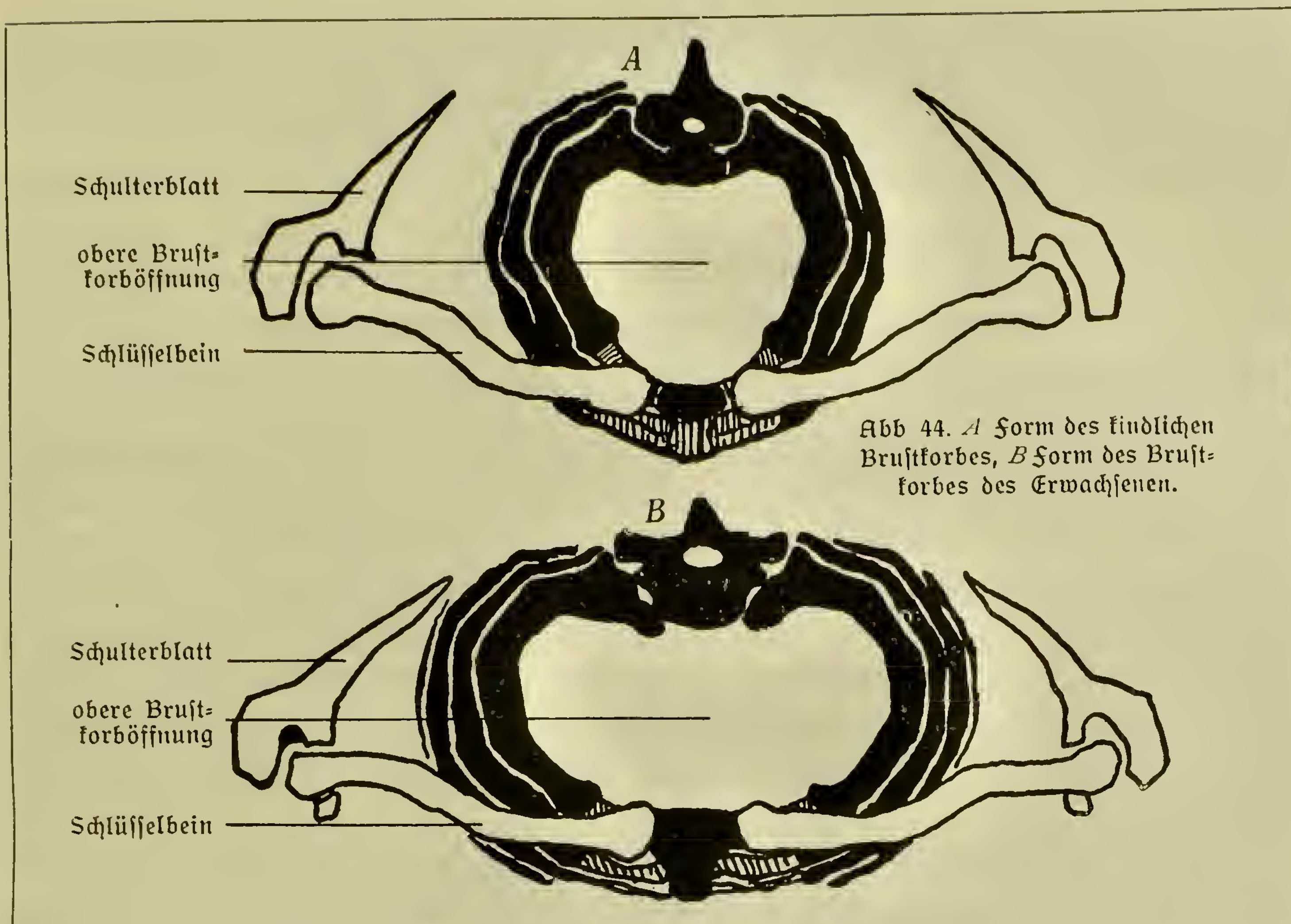


Abb 44. *A* Form des kindlichen Brustkorbes, *B* Form des Brustkorbes des Erwachsenen.

gewicht des Brustkorbes hier senkrecht zur Längsachse der Wirbelsäule wirkt, die Rippen damit in eine rechtwinklige Stellung zur Wirbelsäule zwingt und den Pfeildurchmesser zu vergrößern sucht. Dagegen wirkt das Eigengewicht des Brustkorbes bei aufrechter Körperhaltung in der Richtung der Längsachse der Wirbelsäule, wird also bestrebt sein, die Rippen in einen nach unten spitzen Winkel zur Wirbelsäule zu stellen. Damit wird, wie bei der Ausatmung, der Pfeildurchmesser des Brustkorbes verringert und der Brustkorb abgeflacht.

2. Die Abflachung des Brustkorbes wird durch den Zug der Ausatmungsmuskeln nach unten, vorzugsweise des geraden Bauchmuskels weiter begünstigt. Auf der anderen Seite verhindern die Einatmungsmuskeln, sowie die Bänder und Gelenkkapseln der Rippenwirbelgelenke ein zu weites Herabsinken und damit zu große Abflachung des Brustkorbes. Die endgültige Form des Brustkorbes bildet sich durch das Wechselspiel dieser verschiedenen Kräfte heraus. Die abflachenden Kräfte müssen zunächst die hebenden Kräfte überwiegen, da dort noch die Schwerkraft zu den Muskelkräften hinzukommt. Daher muß die endgültige Form des Brustkorbes flacher werden als die des kindlichen Brustkorbes. Das Maß der Abflachung ist im wesentlichen von der Entwicklung der Einatmungsmuskeln und der Stärke oder Schwäche der Gelenkkapseln und Bänder des Brustkorbes abhängig. So kommt es, daß der Brustkorb muskelschwacher und muskelstarker Menschen eine verschiedene Form zeigt, ohne daß in gewissen Grenzen von krankhafter Veränderung die Rede sein kann. Es handelt sich um verschiedene, schmale oder breite Wuchsformen, die dem Menschen ein ganz bestimmtes Gepräge geben. So erscheint der Hals bei breiter Brust mehr kurz und gedrungen, bei flacher

Brust lang und schlank, ohne daß natürlich die Halswirbelsäule wesentlich verschieden lang wäre. Die Ursache ist vielmehr die höhere oder tiefere Stellung des Brustkorbes. Dieser scheinbare Unterschied wird noch durch die größere Dicke der Muskulatur bei Menschen mit breitem Brustkorb vermehrt.

II. Krankhafte Formveränderungen.

1. Die Verkrümmungen der Wirbelsäule.

A. Verschiedene Ursachen der Verkrümmungen der Wirbelsäule.

Formveränderungen der Wirbelsäule können die verschiedensten Ursachen haben.

1. Die angeborenen Mißbildungen haben für den Turnlehrer nur insoweit ein Interesse, als sie die Ausführung einzelner oder aller Turnübungen rein mechanisch behindern oder durch Einengung und Verlagerung wichtiger Organe die allgemeine Leistungsfähigkeit herabsetzen. Im übrigen bedürfen mißgebildete Menschen selbstverständlich genau so der Körperübung in der ihrem Leiden angepaßten Form, wie gesunde Menschen. Jedoch können darüber keine allgemeinen Grundsätze aufgestellt werden. Eine Beeinflussung der Mißbildung kann natürlich nur durch den Arzt, den Fachorthopäden, erfolgen.

2. Die englische Krankheit oder Rhachitis, die ihre Rolle vornehmlich im vorschulpflichtigen Alter spielt, kann unmittelbare Formveränderungen der Wirbelsäule hinterlassen, die für den Turnlehrer in der gleichen Richtung und Ausdehnung in Betracht kommen, wie dies für die angeborenen Mißbildungen angedeutet wurde. Diese Formveränderungen können die allermannigfachsten sein, da ja die englische Krankheit als Allgemeinerkrankung in den verschiedensten Graden und an den verschiedensten Stellen der Wirbelsäule auftreten kann. Besonders häufig ist eine zurückbleibende, sich bis zum Übergang von Lenden- und Brustwirbelsäule erstreckende Kyphose. (Abb. 45.) Die hinterlassenen Veränderungen können außerdem später durch Änderung der Statik der Wirbelsäule andere Verkrümmungen veranlassen. Auch



Abb. 45. Die rhachitische Kyphose. (Nach David.)

mittelbar können Formveränderungen der Wirbelsäule durch rhachitische Veränderungen des Beckens und der unteren Gliedmaßen aus statischen Gründen hervorgerufen werden.

3. Weiter können örtliche Erkrankungen die Form der Wirbelsäule verändern. Im besonderen kommt hier die Tuberkulose in Frage, die mit Vorliebe einzelne Wirbel befällt. Sie erweicht den Wirbelkörper zu einer morschen Masse, die dann unter der Last des Rumpfes zusammensinkt. Die Folge ist eine scharfe örtliche Abknickung der Wirbelsäule in einem nach vorn offenen Winkel. Der Scheitelpunkt dieses Winkels muß scharf nach hinten vorspringen, um so mehr, als am Scheitelpunkt der Dornfortsatz noch besonders nach hinten hervorragt (Pottscher Buckel). Der Pottsche Buckel liegt nicht immer genau in der Medianebene, da der Wirbelkörper nicht immer gleichmäßig, sondern ebensogut an einer Seite ergriffen werden kann und natürlich auf der Seite des Krankheitsherdes zusammensinken muß.

Die Wirbeltuberkulose kommt ziemlich häufig bei Schulkindern vor. Diese müssen so schnell als möglich in ärztliche Behandlung kommen, damit die eigentliche Tuberkulose ausheilt, ehe der Wirbelkörper zerstört und der Pottsche Buckel gebildet ist. Daher soll der Turnlehrer auf die ersten Zeichen der Erkrankung achten, um die Kinder dem Arzt zuzuführen. Häufige Klagen über Schmerzen an der gleichen Stelle der Wirbelsäule sind verdächtig, ohne daß man äußerlich irgend etwas wahrzunehmen braucht. Die Schmerzen sind anfänglich nur gering oder treten nur bei größerer Anstrengung oder bei Beklopfen auf. Das rechtzeitige Erkennen der Krankheit ist um so wichtiger, als sie natürlich durch Turnen nur verschlimmert wird, solange die eigentliche Tuberkulose nicht ausgeheilt ist. Andererseits wird der Arzt auch Kinder mit Pottschem Buckel nach Heilung der Tuberkulose zu den Leibesübungen zulassen, die in richtiger Auswahl auch bei solchen Kindern die Gesundheit fördern und die Kraft vermehren müssen.

4. Einseitige Lähmungen der Rumpfmuskeln verursachen durch den Zug der gesunden Muskeln Rückgratsverkrümmungen. Der Turnlehrer soll auch derartig erkrankte Kinder sofort dem Arzt zuführen.

5. Stellungsveränderungen des Beckens müssen eine Formveränderung der Wirbelsäule nach sich ziehen. Das Maß der physiologischen Krümmungen der Wirbelsäule wird durch größere oder geringere Beckenneigung beeinflußt. Die Größe der Beckenneigung ist wieder durch meist rhachitische Veränderungen der unteren Gliedmaßen in der sagittalen Ebene oder durch rhachitische Rückstände am Becken selbst verursacht.

Am wichtigsten ist die statische Skoliose (Abb. 46), eine seitliche Verkrümmung der Wirbelsäule als Ausgleich für eine seitliche Schiefstellung des Beckens. Die Schiefstellung des Beckens beruht meist auf der Verkürzung eines Beines. Diese kann verursacht sein durch überstandene, meist tuberkulöse Erkrankung des Hüftgelenkes, durch Verbiegung der Ober- oder Unterschenkelknochen (X-Beine und O-Beine), meist als Folge der englischen Krankheit, durch Plattfuß aus den verschiedensten Ursachen, durch Wachstumsverzögerung eines Beines

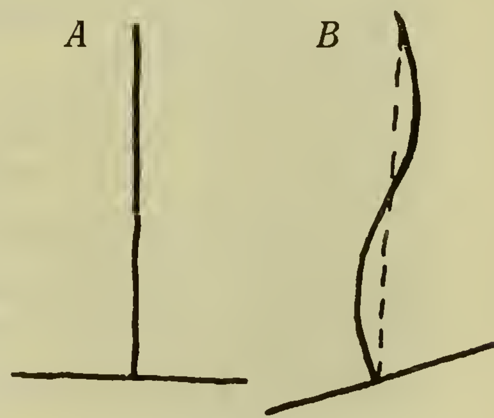


Abb. 46. *A* Schema der Wirbelsäule mit Becken (regelrecht). *B* Schema der Wirbelsäule mit Becken bei statischer Skoliose.

auf nervöser oder anderweitiger Grundlage oder ohne erkennbaren Grund. Die Ursache der Beckenschiefstellung muß sobald als möglich beseitigt werden. Die statische Skoliose verschwindet dann von selbst, wenn sie nicht schon durch ihr langes Bestehen dauernde Veränderungen an den Knochen und Bändern hervorgerufen hat. Die etwaigen Veränderungen werden nach den auch sonst bei Rückgratsverkrümmungen üblichen Grundsätzen behandelt.

B. Die konstitutionellen Rückgratsverkrümmungen.

Die Statik der Wirbelsäule ergab bei aufrechtem Stand ungemein schwierige Verhältnisse. Die Wirbelsäule kann, wie besonders Klapp betont, die Belastung nur dann ohne Schaden ertragen, wenn außer den Knochen alle ihre Halt- und Stützorgane, wie Bänder, Gelenkkapseln und Muskeln, lebenskräftig und fest sind. Diese Vorbedingung fehlt

1. bei allen Kindern im frühesten Kindesalter,
2. bei Kindern mit schwächlicher Konstitution.

Die *schwächliche Konstitution* zeigt sich in schlechtem Ernährungszustand, blassem Aussehen und Blutarmut, zartem Knochenbau, schwach entwickelter Muskulatur. Der Hals ist lang und dünn, der Brustkorb langgestreckt und flach gebaut, die Schulterblätter stehen mehr oder weniger flügelförmig ab. Kinder mit schwächlicher Konstitution leiden an kalten Füßen und Händen, ermüden leicht und zeigen Mangel an Leistungsfähigkeit und Willenskraft. Man kann solche Kinder auf den ersten Blick erkennen.

Die bei der *schwächlichen Konstitution*, ebenso wie im *frühesten Kindesalter* vorherrschende Schwäche der Knochen, Bänder und Muskeln ist für die konstitutionellen Verkrümmungen der Wirbelsäule von besonderer Bedeutung. Sie gibt im Verein mit der *aufrechten Stellung* die eigentliche Ursache, die Vorbedingung für alle Arten von konstitutionellen Formveränderungen der Wirbelsäule ab. Die Art der Formveränderung wird durch zufällig hinzutretende Veranlassungen bestimmt.

Gewohnheitsgemäße ungünstige Haltung kann namentlich in Verbindung mit gleichwirkender Kraftentfaltung schon bei kräftigen Menschen Verkrümmungen der Wirbelsäule hervorrufen. Das gilt im besonderen im Berufsleben. So kennen wir einen runden Rücken des Tischlers, der Arbeitsfrau auf dem Felde, des Radfahrers, die Skoliose des venetianischen Gondoliers. Danach versteht sich die schädliche Wirkung gewohnheitsgemäßer ungünstiger Haltung oder ungünstiger Belastung, wohin man unter Umständen schon die einfache aufrechte Stellung rechnen muß, bei jungen oder konstitutionell schwachen Kindern von selbst.

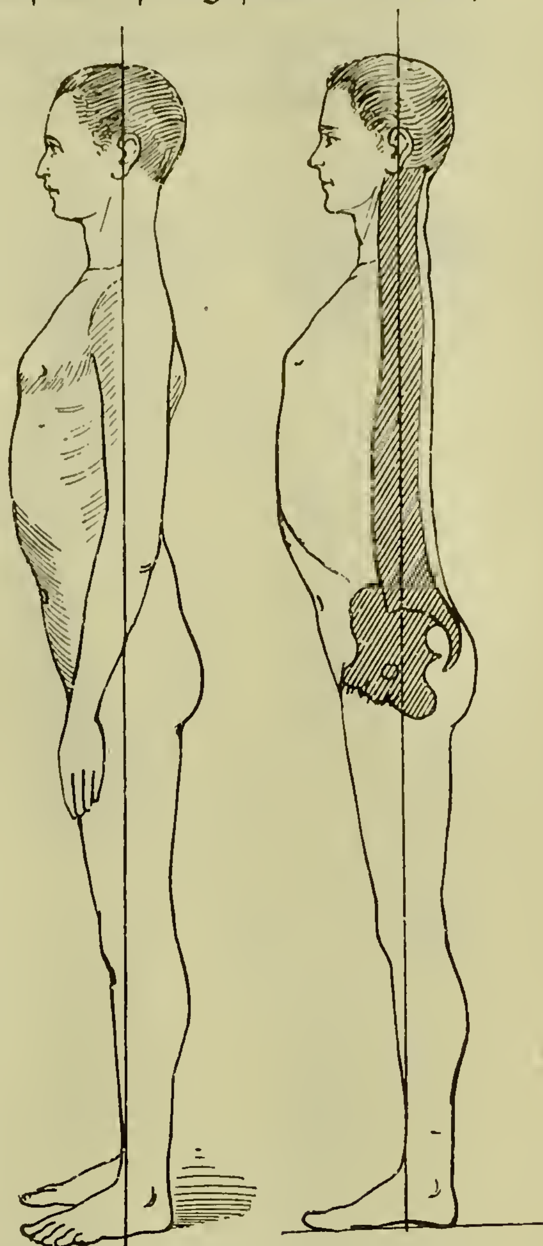
C. Entstehung und Anatomie der konstitutionellen Rückgratsverkrümmungen.

Die konstitutionellen Rückgratsverkrümmungen zerfallen in folgende zwei Hauptgruppen: a) Verkrümmungen in der *Medianebene*, also Verstärkungen oder Verringerungen der physiologischen Krümmungen der Wirbelsäule, der flache, der runde und hohle Rücken; b) *seitliche* Rückgratsverkrümmungen, die konstitutionelle Skoliose.

a) **Der flache, runde und hohle Rücken.**

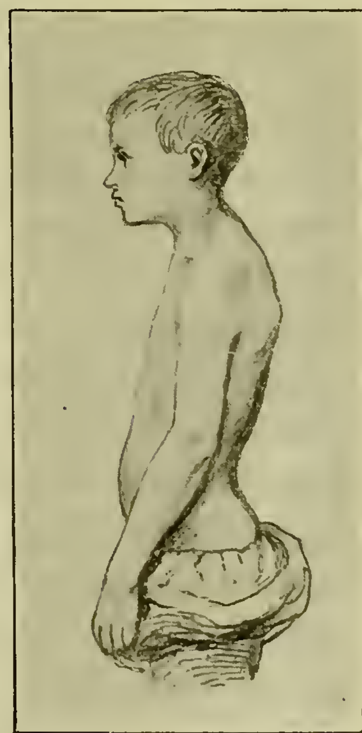
Der *flache Rücken* (Abb. 47) zeigt die physiologische Brustkyphose und Lendenlordose nur schwach ausgeprägt. Wir sahen beide als Folge der aufrechten Stellung durch

Muskelzug entstehen. Die Muskeln der Schwächlinge sind nun zu schwach entwickelt, um die Krümmungen herauszuarbeiten, dazu findet man oft ein steilgestelltes Becken, d. h. die ebenfalls schwachen Bänder (Bertinisches Band) gestatteten ein weiteres Aufrichten des Beckens und damit eine steilere Stellung des Kreuzbeins, so daß eine ausgeprägtere physiologische Lendenlordose und damit auch stärkere Brustkyphose überflüssig wurde. Sonstige für die Entstehung des flachen Rückens zwar sehr wichtige Veränderungen im Bau des Beckens müssen des schwierigen Verständnisses wegen übergangen werden. Der flache Rücken begünstigt die Entstehung seitlicher Verkrümmungen der Wirbelsäule, da die hinteren Bänder im Brustteil eine geringere Spannung als bei regelrecht ausgeprägter Brustkyphose aufweisen und der Bandapparat an der allgemeinen Schwäche teil hat.


Abb. 47. Flacher Rücken. (Nach Staffel.)

Auch der „runde Rücken" (Abb. 48 u. 49) findet sich besonders bei konstitutionellen Schwächlingen. Schwäche der Rückenmuskulatur in Verbindung mit mangelnder Energie läßt die Kinder nach vorn zusammensinken. Die Bänder und Gelenkkapseln der Wirbelsäule sind meist zu schwach, um allein Widerstand leisten zu können. Dabei ist nicht nur die Brustkyphose verstärkt, die Kyphose erstreckt sich vielmehr weiter nach unten. Die Folge ist eine Einengung des Brustkorbes und eine Behinderung der lebenswichtigen Organe, Herz und Lunge, in ihrer Tätigkeit, wodurch wieder eine Besserung der schwächlichen Konstitution erschwert wird.

Die ersten Ursachen für den runden Rücken liegen oft weit zurück und bestehen in zu frühem Aufsetzen der Kinder im Bettchen, wobei diese nach vorn zusammensinken müssen. Die Wirbelsäule gewöhnt sich bei häufiger Wiederholung an diese Haltung, die Kinder sitzen auch später krumm, namentlich wenn ihre Rückenmuskeln durch zu langes Sitzen, wohl gar auf unzweckmäßigen Stühlen oder Bänken, ermüden. Man muß frühzeitig mit Abwehrmaßregeln beginnen, damit der runde Rücken nicht unheilbar wird. Der runde Rücken ist häufig von seitlichen Verkrümmungen der Wirbelsäule, die ja auch eine Folge der Muskel- und Bänderschwäche sind, begleitet. Die Bänder werden durch die ungünstige Belastung bei rundem Rücken gedehnt, daher auch schlaffer, und begünstigen so die Entstehung seitlicher Verkrümmungen in noch höherem Maße. Es hängt dann schließlich von Zufälligkeiten ab, ob die Kinder in der Medianebene oder seitlich zusammensinken.


Abb. 48. Der runde Rücken. (Nach David.)

Der hohle Rücken oder besser der hohlrunde Rücken (Abb. 50) zeigt im Gegensatz zum flachen Rücken eine Verstärkung der physiologischen Krümmungen der Wirbelsäule. Er kann, wie die physiologischen Krümmungen der Wirbelsäule selbst, nur durch kräftigen Muskelzug entstehen. Die konstitutionelle Schwäche dieser Kinder kann also nicht so hochgradig wie bei den anderen Formen sein, da sie kräftige Muskelentwicklung zuläßt. Höchstens die Bänder zeigen eine gewisse Schwäche, kräftigen sich aber meist später. Doch auch dies Zeichen der konstitutionellen Schwäche fehlt, wenn der hohle Rücken, wie das öfter vorkommt, die Folge einer zu starken Beckenneigung, d. h. einer zu geringen Aufrichtung des Beckens ist, was häufig auf ererbter Anlage beruht. Die unmittelbare Vererbung spielt übrigens neben den erwähnten Ursachen auch bei flachem und rundem Rücken gelegentlich eine Rolle. Kinder mit hohlem Rücken müssen alle Übungen vermeiden, die das Kreuz zu sehr durchdrücken, wie „das Nest" und ähnliche Biegungen über die Rückenseite. Auch bei Hangstand- und Liegestützübungen muß eine richtige Auswahl getroffen und auf besonders korrekte Ausführung gehalten werden, um die Ausbildung des hohlen Rückens nicht noch weiter zu fördern.

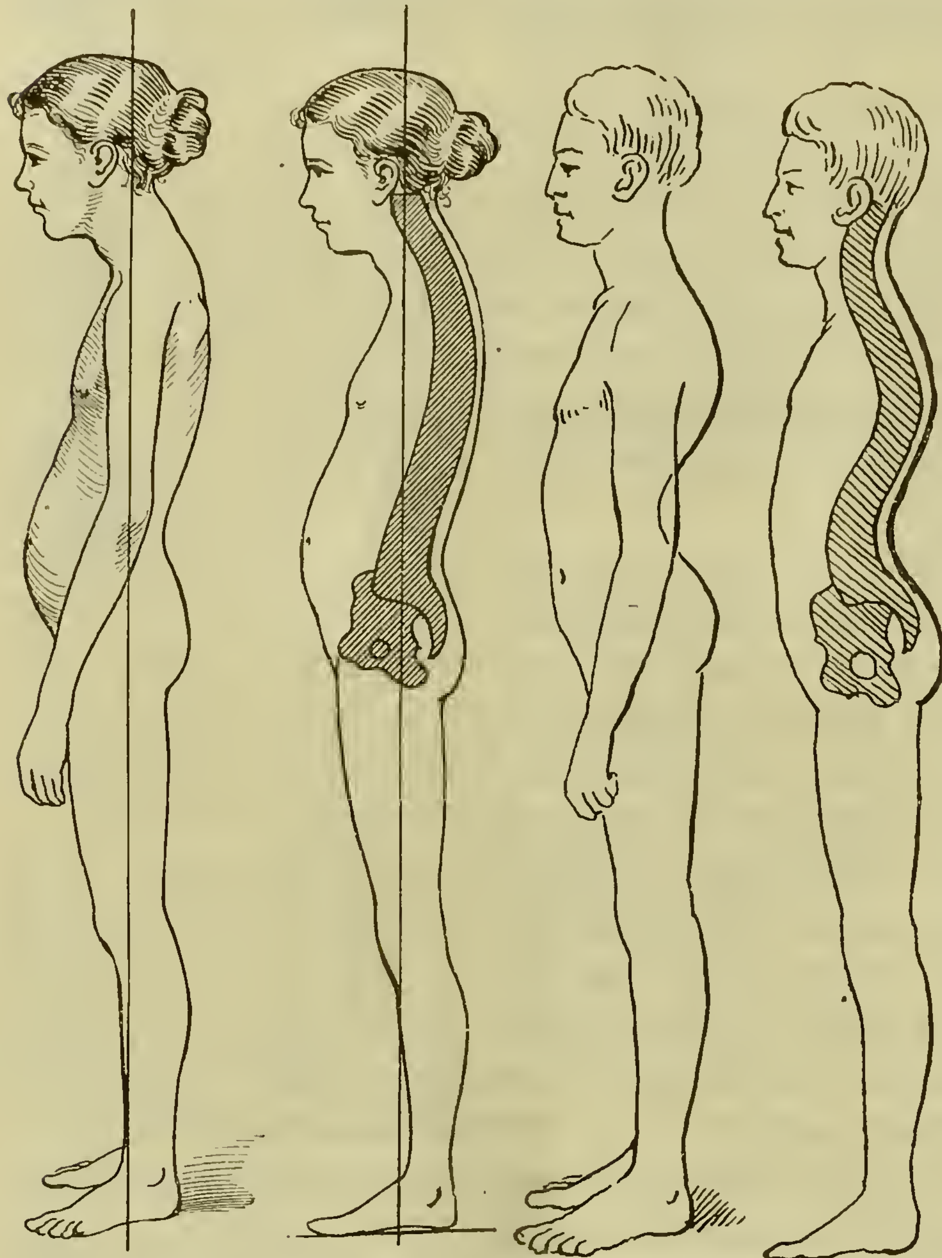


Abb. 49. Runder Rücken. (Nach Staffel.)

Abb. 50. Hohler (hohlrunder) Rücken. (Nach Hoffa.)

b) **Die konstitutionelle Skoliose.**

Die Kinder sind in den ersten Lebensmonaten stets zu schwach, um sich selbst in aufrechter Sitzstellung erhalten zu können. Trotzdem tragen viele Mütter ihre ganz jungen Kinder lange Zeit in sitzender Stellung auf dem Arm, und zwar meist auf dem linken Arm, um den rechten Arm zu Hantierungen und Beschäftigungen mit dem Kinde frei zu haben. Die Folge ist ein seitliches Anlehnen der Kinder mit der rechten Schulter an den Körper der Mutter. Dabei entsteht eine links konvexe Krümmung in der Lendenwirbelsäule. Die Wirbelsäule hat aber an der Schulter keinen genügenden Stützpunkt, sie sinkt nach rechts zusammen, wodurch zu der links konvexen Krümmung der Lendenwirbelsäule eine rechts konvexe Krümmung der Brustwirbelsäule hinzukommt. Wir haben

damit eine umgekehrte S-förmige Krümmung der Wirbelsäule vor uns. (Abb. 51.) Oder die Mutter drückt das Kind beim Tragen mehr an sich, um ihm festeren Halt zu geben. Dabei hält sie den linken Unterarm vom Ellbogen zur Hand schräg hinaufsteigend. Dann braucht sich das Kind zum Anlehnen nicht mehr in der Lendenwirbelsäule rechts seitwärts zu beugen, sondern sinkt in einem rechts konvexen Bogen zusammen; es entsteht eine rechts konvexe Krümmung, die sich über die ganze Wirbelsäule erstreckt (rechts konvexe Totalskoliose. Abb. 52).

Bei häufiger Wiederholung gewöhnt sich die Wirbelsäule daran, an den ganz bestimmten Stellen abzubiegen. So findet man dann öfters schon vor der Schulzeit die eben beschriebenen Krümmungen als umgekehrte S-förmige Skoliose oder als rechts konvexe Totalskoliose angedeutet. Wird das Kind später vom Sitzen auf der Schulbank müde, so sinkt es in der durch die genannte frühere Schädigung vorgebildeten Art zusammen. Allmählich bildet sich dann eine wirkliche Skoliose heraus, die beim Schuleintritt nicht bestand. Trotzdem liegt die eigentliche Ursache im vorschulpflichtigen, vielleicht schon Säuglingsalter. Die Meinungen über die Entstehung der Skoliose sind ja noch geteilt. Immerhin ist man in letzter Zeit allgemein davon abgekommen, der Schule die alleinige Schuld an der Entstehung der Mehrzahl der Skoliosen zuzuschreiben; die Schule wirkt meist nur verschlimmernd.



Abb. 51.
S-förmige Verbiegung der Wirbelsäule beim Tragen des Kindes auf dem Arm.



Abb. 52.
Verbiegung der Wirbelsäule im Sinne der Totalskoliose beim Tragen des Kindes auf dem Arm.

Auch andere Skoliosenformen können schon im frühesten Kindesalter vorgebildet werden. Ein Kind kann durch häufiges Tragen auf dem Arm noch in einem Alter geschädigt werden, wo es sich schon selbst in sitzender Stellung erhalten kann. Die Mutter hält dann unwillkürlich den Unterarm zu ihrer eigenen Entlastung ebenfalls in schräg aufsteigender Richtung, da das Gewicht des schon schwereren Kindes so weniger günstig angreift. Dadurch erhält das Becken des Kindes eine seitlich schiefe Stellung wie bei der statischen Skoliose, die Wirbelsäule muß (beim Tragen auf dem linken Arm) zum Ausgleich im Lendenteil rechts konvex abbiegen. Ferner brauchen die Kinder bei zu frühem Aufsetzen im Bettchen durchaus nicht immer in der Mittellinie zusammenzusinken, zufällige Umstände veranlassen vielmehr ein Umbiegen nach einer Seite. Schon das schräg umgedrehte Sitzen des Kindes nach der freien Bettseite, von wo es die Mutter oder Pflegerin erwartet, begünstigt das gewohnheitsgemäße Zusammensinken nach der bestimmten Seite.

Kinder aus sozial schlechter stehenden Familien sind noch anderen mannigfachen Schädigungen der Wirbelsäule ausgesetzt. Sie werden frühzeitig bei ungenügendem Schlaf, schlecht gelüfteter Wohnung und ungenügender Ernährung zu Arbeiten mit einseitiger Belastung, wie Zeitungsaustragen, herangezogen. Die älteren Kinder, oft selbst noch in vorschulpflichtigem Alter oder in den ersten Schuljahren, müssen auf die jüngeren Geschwister aufpassen. Da sieht man, wie kleine Mädchen ihre jüngeren Geschwister auf dem Arm tragen und sich selbst durch die ungleichmäßige Belastung, die Geschwister durch falsche Haltung schädigen. Sind solche Verkrümmungen erst einmal vorbereitet, so wirkt der Druck der Wirbelsäule an der entsprechenden Stelle nicht mehr senkrecht, sondern im Sinne der Verbiegung und damit verschlimmernd.



Abb. 53. Skoliose infolge Tragens der Bücher unter einem Arm. (Nach David.)

Ein Teil der Skoliosen entsteht freilich erst in der Schule. Hierher gehören Skoliosen im Anschluß an flachen Rücken. Sie bildeten sich trotz der Begünstigung durch den flachen Rücken nicht früher heraus, weil das Kind aus wohlhabenden Kreisen vor der Schule keinen schädigenden Einflüssen ausgesetzt war und das Kind ärmerer Eltern nun erst durch die Beschäftigung zu Hause und in der Schule überanstrengt und geschwächt wird. Als neue Schädigung kommt das ermüdende lange Sitzen hinzu, das die Kinder, besonders bei schlechter Sitzgelegenheit zu Hause oder in der Schule, zu schiefer, unzweckmäßiger Haltung veranlaßt. Allerdings hat man gelernt, in der Schule mehr auf richtigen Sitz und gute Sitzgelegenheit zu achten.

Übrigens hinterlassen längere schwere Krankheiten öfter eine Schwäche der Knochen, Bänder und Gelenkkapseln, die die Kinder vorübergehend ebenso gefährdet wie die geschilderte schwächliche Konstitution.

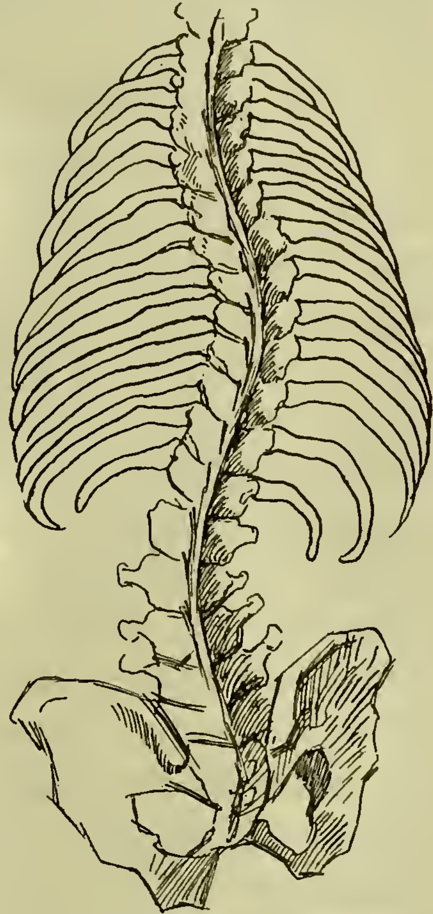
Die seitlichen Verkrümmungen der Wirbelsäule brauchen natürlich nicht genau nach rechts oder links gerichtet zu sein, sondern finden ebenso in den dazwischenliegenden Richtungen statt. (Abb. 55.) Die Skoliosen sind, wie die seitlichen Beugebewegungen, gleichzeitig mit einer Torsion verbunden, und zwar nach der Richtung der Konvexität der Skoliose, also rechts konvexe Skoliosen mit einer Torsion im Sinne des Uhrzeigers. Diese Tatsache ist besonders wichtig bei Skoliosen der Brustwirbelsäule, weil hier die beiderseitigen Rippen mitgedreht werden müssen. Wenn wir wieder eine rechts konvexe Brustskoliose annehmen, so wird die entsprechende rechte Rippe nach hinten, die linke nach vorn gedreht. Natürlich setzt das Gefüge des Brustkorbes dieser Bewegung zunächst einen Widerstand entgegen. Dadurch wird die ohnehin hinten schon stärker ausgeprägte Flächenkrümmung nebst Rippenwinkel der entsprechenden Rippen noch mehr ausgebogen und am lebenden Menschen als Längsanschwellung rechts neben der Wirbelsäule fühlbar

und sichtbar. Sie bildet den sogenannten „Rippenbuckel". Eine ähnliche Ausbiegung entsteht links vorn, die jedoch, entsprechend der vorn flacheren Flächenkrümmung der Rippen, flacher ist. Daher tritt am lebenden Menschen links vorn eine ähnliche (aber flachere) Anschwellung wie rechts hinten erst bei stärkerer Skoliose hervor. Immerhin spricht man von einem „vorderen und hinteren Rippenbuckel". (Abb. 54.) In dem gewählten Beispiel befindet sich also der hintere Rippenbuckel rechts, der vordere Rippenbuckel links.

Diese Verbiegung des Brustkorbskelettes muß eine erhebliche Veränderung der Form des Brustraumes bedingen, und zwar um so mehr, als die Rippen auf der konkaven Seite der Skoliose näher aneinanderrücken und so auch den Längsdurchmesser des Brustraumes auf dieser Seite verkleinern. Damit werden Herz, Lunge und große Blutgefäße in ihrer Entfaltung und Tätigkeit gestört und in ihrem wichtigen Einfluß auf die Besserung der ursächlichen schwächlichen Konstitution behindert. Die Folgen, zu denen eine anfänglich natürlich stets geringfügige Skoliose bei weiterem Fortschreiten führen kann, sind also ungeheuer groß und verhängnisvoll.



Abb. 54. *A* Hochgradige Form. *B* Leichtere Form. Rechtskonvexe Skoliose mit Rippenbuckel. (Schematisch nach Pfeiffer.)
1 = Schulterblatt, 2 = Oberarmbein, 3 = hinterer Rippenbuckel, 4 = vorderer Rippenbuckel.


Abb. 55. Skoliotisches Rumpfskelett.

Die Skoliosen der Halswirbelsäule sollen nur der Vollständigkeit halber erwähnt werden. Sie sind häufig die Folge des sogenannten Schiefhalses oder entstehen als Gegenkrümmung einer tiefer sitzenden Skoliose. Der Schiefhals gehört in ärztliche Behandlung, die Halsskoliose als Gegenkrümmung verschwindet mit Heilung der ursprünglichen Skoliose.

D. Erkennung der Rückgratsverkrümmungen.

Die Beschreibung der Formveränderungen der Wirbelsäule im vorigen Abschnitt ist durchaus nicht erschöpfend. Nur die wichtigsten Arten wurden in ihrer Eigenart gekennzeichnet, andere nur erwähnt, ein Teil nicht einmal aufgezählt.

Die Schwierigkeit der Feststellung einer vorliegenden Erkrankung leuchtet bei dieser Mannigfaltigkeit von selbst ein. Die endgültige Feststellung muß natürlich dem Arzt überlassen bleiben. Die Formveränderungen der Wirbelsäule sind aber fortschreitende Erkrankungen. Das Fortschreiten kann durch vorbeugende Maßnahmen um so eher mit Aussicht auf Erfolg bekämpft werden, je früher damit begonnen wird. Geringe

Grade von Verkrümmungen haben außerdem Aussicht auf völlige Heilung, während fortgeschrittene Grade nur wenig zu beeinflussen sind. Es ist also von großem Werte, die Formveränderungen in ihren Anfängen zu erkennen. Turnlehrer und Turnlehrerinnen bekommen die Kinder oft früher zu Gesicht als der Arzt, sie müssen also gerade die Anfangszeichen der wichtigsten Erkrankungen kennen, um den Arzt rechtzeitig zu Rate ziehen zu können.

Die Kennzeichen der Seite 50—52 beschriebenen Formveränderungen sind dort nachzulesen. Auch die Erkennung des flachen, runden und hohlen Rückens ergibt sich von selbst aus ihrer Beschreibung und den dazu gehörigen Abbildungen. Wir beschränken uns auf die Erkennung der Skoliose.

Erkennung der Skoliose.

Alle Kinder mit der geschilderten schwächlichen Konstitution sind für Skoliose verdächtig und müssen besonders aufmerksam beobachtet werden, namentlich wenn sie über Rückenschmerzen klagen. Die seitliche Abweichung selbst ist im Anfang häufig noch gar nicht wahrzunehmen.

1. Skoliosen der Brustwirbelsäule sind mit Rippenbuckel verbunden. Die Erscheinungen des hinteren Rippenbuckels treten ziemlich frühzeitig auf, da Abweichungen der Wirbelsäule hier ins Große projiziert erscheinen. Häufig sieht man auf der einen Seite der Wirbelsäule etwas vollere Formen. Visiert man dann bei vorwärts gebeugtem Rumpf über den Rücken, so wird schon ein geringer Niveauunterschied zu beiden Seiten der Wirbelsäule augenscheinlich. Der hintere Rippenbuckel hebt bei höherem Sitz der Skoliose das entsprechende Schulterblatt weiter vom Rumpf ab. Doch täuscht dies oft, da die in Frage kommenden Schwächlinge häufig so schon flügelartig und auch beiderseits ungleichmäßig abstehende Schulterblätter haben. Immerhin soll dies Zeichen berücksichtigt werden. Man achte dabei auf den gleichen Abstand von der Wirbelsäule und den senkrechten Verlauf der Innenkanten der Schulterblätter.

2. Die Krümmung der Wirbelsäule verändert auch die Umrisse des übrigen Körpers. Schon eine geringe Abbiegung läßt den Arm der konkaven Seite weiter entfernt vom Rumpf herabhängen als den anderen Arm. Dadurch erscheinen die Taillendreiecke (begrenzt vom Arm und dem winkelförmigen Ausschnitt der Taille) ungleich, und zwar das Taillendreieck der konkaven Seite der Skoliose größer.

3. Die Schulter der konvexen Seite der Skoliose steht höher als die der konkaven Seite.

4. Der Kopf wird bei Skoliosen gelegentlich schief gehalten, dann steht ein Ohrläppchen tiefer.

5. Das seitliche Abweichen des Zopfes der Mädchen kann auf Skoliose hinweisen.

6. Man kann bei Skoliosenverdacht die Spitzen der Dornfortsätze in vorgebeugter Rumpfhaltung mit einem Stift markieren. Die Verbindungslinie der markierten Stellen wird dann bei vorhandener Skoliose eine oder mehrere Abweichungen zeigen. Doch kann man sich auch dabei täuschen.

7. Man achte auf Ungleichheit in der Stellung der Darmbeinschaufeln oder der Gesäßfalten, auf ungleiche Entwicklung des Gesäßes oder schräg verlaufende Afterfalte. Diese Kennzeichen weisen oft auf statische Skoliose.

Die Kinder müssen bei der Untersuchung bis unter die Hüften entblößt werden und gleichmäßig vom Licht beschienen sein. Die Haltung der Kinder sei gerade, aber ungezwungen, die Arme sollen frei an den Seiten herabhängen. Eine ungezwungene und doch gerade Haltung ist oft gar nicht so leicht zu erreichen.

E. Bekämpfung der konstitutionellen Rückgratsverkrümmungen.

Die konstitutionellen Rückgratsverkrümmungen werden, wie alle Leiden, am besten durch Verhütung bekämpft, die in Fernhalten von Schädlichkeiten und in Stärkung der Widerstandskräfte des Körpers besteht. Dazu kommt Bekämpfung durch besondere Maßnahmen.

a) Bekämpfung der Rückgratsverkrümmungen im vorschulpflichtigen Alter.

Wir sahen die aufrechte Körperhaltung und die schwächliche Konstitution als Grundursachen, verschiedene unzweckmäßige Behandlung der Kinder als hinzukommende Veranlassungen der Rückgratsverkrümmungen.

Die aufrechte Körperhaltung kann natürlich nicht dauernd ferngehalten, nur ihr Beginn hinausgeschoben werden, bis Knochen und Bänder fest, die Muskeln stark genug sind. Das gilt nicht nur von dem aufrechten Stehen und Gehen, sondern auch vom aufrechten Sitzen. Man vermeide es, die Kinder zu früh aufzusetzen oder auf dem Arm herumzutragen. Das kleine Kind muß liegen. Es genügt seinem Bewegungsbedürfnis in ausreichendem Maße durch Schreien, Strampeln und Zappeln. Nur muß es genügend Spielraum zum Strampeln haben und nicht durch festes Wickeln beengt sein. Die Kinder haben erst dann genügende Kraft zum Sitzen, wenn sie selbst Sitzversuche machen und sich selbst zum Sitz aufrichten können. Man kann jedoch die Rückenmuskeln, Knochen und Bänder der Kinder durch Bauchlage stärken, wie das Seite 17 beschrieben ist. (Abb. 56.) Der Ehrgeiz vieler Eltern, die Kinder möglichst früh laufen zu sehen, ist zu verwerfen. Man warte, bis die Kinder von selbst beginnen, sich an Gegenständen aufzurichten und Gehversuche zu machen. Bei zu spätem Beginn wende man sich an den Arzt, da der Grund in englischer Krankheit liegen kann.

Vor dem Beginn des Laufens kriechen die Kinder auf allen Vieren umher. Diese nach Spitzy-Graz (jetzt Wien) physiologische Kriechperiode soll nicht abgekürzt, sondern lieber, besonders bei schwächlichen Kindern, künstlich verlängert werden. Denn der Vierfüßlergang bietet, wie Seite 16 auseinandergesetzt wurde, die günstigsten Belastungsbedingungen für die Wirbelsäule und kräftigt gleichzeitig ihre Knochen, Bänder und Muskeln durch aktive Inanspruchnahme. Auch größere Kinder sollen in ihrem Hang, „Hundchen" oder „Pferdchen" zu spielen, bestärkt werden. Man schelte nicht über schmutzige Kleider, sondern spiele lieber selbst einmal lustig mit. Da wird man sehen, wie geschickt die Kinder im Gegensatz zu Erwachsenen den schwierigen Takt des Vierfüßlergangs beherrschen, er entspricht eben der Kindesnatur.

Man muß später selbstverständlich alle vorzeitigen und namentlich einseitigen Belastungen vermeiden, wie Zeitungsaustragen, Hüten kleiner Geschwister und anderes mehr. Aufklärung der Eltern über diese Dinge ist dringend notwendig und leistet viel. Aber freilich, die sozialen Verhältnisse verhindern oft eine Besserung, ja, schon das Interesse an Belehrung.



Abb. 56. Kind in Bauchlage. (Nach Klapp.)

Daneben müssen die Knochen, Bänder und Muskeln der Kinder gekräftigt werden. Das gilt schon für gesunde Kinder, im besonderen Maße für die konstitutionellen Schwächlinge. Dahin gehören zuerst sachgemäße Ernährung, gesunde Wohnung, genügender Schlaf. Sodann vermögen verständige Leibesübungen die allgemeine Konstitution zu bessern. Für die Kleinen kommt wohl nur zwangloses Umhertummeln im Freien in Betracht.

b) **Bekämpfung der Rückgratsverkrümmungen in der Schule.**

α) Fernhalten von Schädlichkeiten.

Die Vermeidung von schwerer, namentlich einseitiger Belastung gilt natürlich auch für die Schulkinder. Die Bücher sind auf dem Rücken, nicht unter dem Arm zu tragen. (Abb. 53.) Die Lehrer müssen darauf achten, daß die Kinder nicht unnütz Bücher, die nicht gebraucht werden, nach der Schule hin- und wieder zurückschleppen.

Die Schule bringt als neue Schädlichkeit für die Wirbelsäule den Sitzzwang. Das stundenlange Sitzen ist darum so anstrengend, weil dabei immer die gleichen Muskeln, besonders die Rückenmuskeln Arbeit leisten müssen. Es strengt schon Erwachsene gewaltig an, wieviel mehr Kinder und gar konstitutionelle Schwächlinge. Der Sitzzwang in der Schule kann ebensowenig wie die aufrechte Körperhaltung ausgeschaltet, ja, nicht einmal wesentlich hinausgeschoben werden. Man kann ihn aber durch Beschränkung der häuslichen Arbeiten und durch Unterbrechung während der Schulzeit einschränken. Dahin zielende Verordnungen bestehen bei uns. Die Kinder dürfen während der Pausen nicht sitzen bleiben, sondern müssen sich, am besten im Freien, bewegen, damit die beim Sitzen besonders angestrengten Muskeln für einige Zeit entlastet werden. Auch das Zehnminutenturnen mit Atemübungen ist durchaus zweckmäßig. Es empfiehlt sich, sämtliche Kinder während der Schulstunden ein- oder zweimal aufstehen zu lassen, um Glieder und Muskeln in eine andere Haltung zu bringen. Oder man lasse die

Kinder im Sitzen mehrmals auf das Kommando „Kopf hoch“ an die Decke sehen, wobei der ganze Rumpf notwendigerweise aufgerichtet wird.

Das Sitzen selbst muß durch eine zweckentsprechende Schulbank so wenig anstrengend wie möglich gestaltet werden.

Anhang: **Die Schulbank.**

Die Schulbank dient in erster Linie zum Sitzen. Die Möglichkeit des Stehens in der Bank darf zu ihrer Beurteilung erst in zweiter Linie herangezogen werden.

Der Sitz ist um so fester, je weniger die rund gebogenen Sitzbeinknorren auf der Unterlage schaukeln können. Dies Schaukeln wird durch die gewöhnliche Sitzhaltung mit Anlehnen verhindert, wobei die Knie rechtwinklig gebeugt und die Füße mit ganzer Sohle auf den Fußboden gesetzt werden müssen. Diesem Sitz entspricht eine Höhe des Sitzbrettes von etwa $^2/_7$ der Körperlänge und eine Breite von etwa $^1/_5$ der Körperlänge. Die genannte Breite des Sitzbrettes ist etwa gleich der Länge der Oberschenkel. Dann befinden sich die Kniekehlen ungefähr um die Dicke des Gesäßes vor der Vorderkante des Sitzbrettes. Die Unterschenkel können also im Kniegelenk unbehindert gebeugt werden, und doch liegen die Oberschenkel in möglichst großer Ausdehnung auf dem Sitzbrett auf. Das Sitzbrett ist zweckmäßig hinten etwas ausgeschweift. Die Lehne muß den natürlichen Krümmungen des Rückens angepaßt sein. Unten sei sie entsprechend der Rundung des Gesäßes etwas ausgeschweift und zeige darüber entsprechend der Lendenlordose eine Vorwölbung, während der obere Teil der Lehne zum Halt für den Rücken wieder etwas zurückgebogen sei. Diese Forderungen werden auch durch eine Leiste in der Lendengegend und eine etwas weiter zurückliegende Leiste in Höhe der Schulterblattmitte in genügender Weise erfüllt.

Es gibt nun zwei verschiedene Sitzhaltungen: 1. Die aufrechte oder etwas zurückgelegte Haltung, die zeitweise beim Zuhören eingenommen wird, und 2. die vorgebeugte Haltung bei Ermüdung, sowie beim Lesen und Schreiben.

Die bisher besprochenen Eigenschaften einer guten Schulbank erfüllen die Anforderungen beider Sitzhaltungen. Nur bleibt die obere Leiste der Lehne bei der vorgebeugten Sitzhaltung unbenutzt, während sich die Lendengegend auch da gegen die Lendenleiste oder die entsprechende Vorwölbung der Lehne stützen soll.

Die Abmessung der Differenz (Höhe der Tischplatte über dem Sitzbrett) und Distanz (Entfernung der Hinterkante der Tischplatte von der Vorderkante des Sitzbrettes) ist nicht weniger wichtig. (Abb. 57.) Die Unterarme müssen bei beiden Sitzhaltungen auf die Tischplatte aufgelegt werden können, so daß sich die Oberarme zwischen hintere Tischkante und Körper stemmen. Dann stützen sie ohne großen Kraftaufwand den Körper und entlasten die Rückenmuskulatur. Diese Forderung wird bei der aufrechten Sitzhaltung am besten durch die negative Distanz (Hinausragen der Tischplatte über die Vorderkante des Sitzbrettes nach hinten) erfüllt. Sie ermöglicht auch einen guten Sitz in vorgebeugter Haltung zum Lesen und Schreiben. Die Körperhaltung bei aufrechtem und vorgebeugtem Sitz zeigt dann aber nur wenig Unterschied, so daß bei beiden Haltungen die gleichen Muskeln in gleicher Art angestrengt werden. Das ermüdet die Kinder zu sehr. Ein größerer Wechsel, der weiteres Vorbeugen gestattet,

ist daher trotz der dabei etwas schlechten Haltung vorzuziehen. Wir kommen also für die vorgebeugte Haltung auf die Nulldistanz. Rubner empfiehlt daher verschiebbare Tischplatten, um in jeder Sitzhaltung die günstigste Distanz einstellen zu können. Die Umstellung dürfte aber den Unterricht doch zu sehr stören, zumal die Kinder, und zwar zu verschiedener Zeit, auch einmal das Bedürfnis haben, beim Zuhören eine etwas vorgebeugte Haltung einzunehmen. So wählt man als kleineres Übel am besten die Nulldistanz, da sie auch für die aufrechte Sitzhaltung verwendbar ist, wenn man den Unterarm nicht ganz, sondern nur halb auflegt. Das ist zwar etwas anstrengender, dafür gestatte man ruhig auch beim Zuhören zeitweiliges vorgebeugtes Sitzen. Ein ähnlicher Ausgleich ist im Falle der negativen Distanz bei vorgebeugter Haltung überhaupt nicht möglich. Die Differenz ist nach

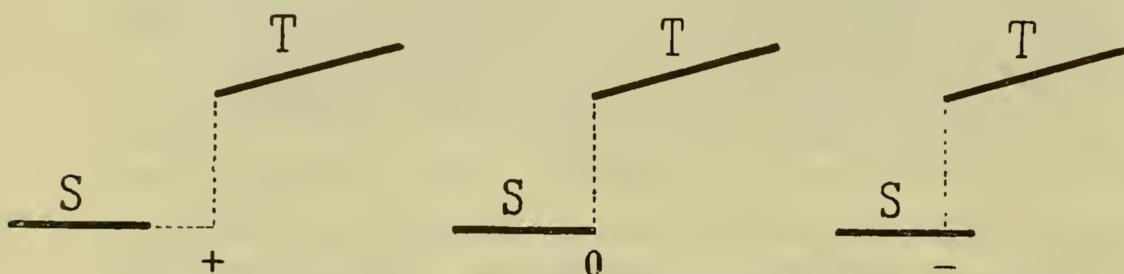


Abb. 57. S Sitz, T Tisch, + Plusdistanz, 0 Nulldistanz, — Minusdistanz. (Nach Burgerstein.)


Abb. 58. Schulbank. (Nach A. Lorenz.)

Rubner nach der Entfernung des Ellenbogens (bei senkrecht herabhängendem Oberarm) vom Sitzbrett zu bemessen. Diese Entfernung beträgt $^1/_7$ der Körperlänge. Die Arme werden aber bei vorgebeugter Sitzhaltung etwas vom Körper abgehalten und die Ellenbogen damit höher genommen, so daß die Differenz der Schulbank etwas mehr, ungefähr $^1/_6$ der Körperlänge, betragen muß. Diese Höhe der Tischplatte paßt auch bei aufrechter Sitzhaltung, da dann die Oberarme mehr an den Oberkörper herangehalten werden. (Abb. 58.)

Die Breite der Tischplatte muß dem schreibenden Schüler das Auflegen der Ellenbogen auch dann noch gestatten, wenn er ganz unten auf einer Seite schreibt. Die Neigung der Tischplatte betrage etwa 6°.

Die geforderte Nulldistanz gestattet naturgemäß nur ein Stehen mit gekrümmten Beinen, was auf die Dauer viel zu anstrengend ist. Das ließe sich durch aufklappbare Sitzbretter oder Tischplatten vermeiden. Beide haben aber andere große Nachteile. Das Aufklappen der Tischplatten würde stets ein Abnehmen der Bücher und Hefte erfordern und damit viel Zeit rauben. Das Aufklappen der Sitzbretter ist nicht ungefährlich, da ein verbotenes Hinaufsteigen der Schüler auf die Tische während der Pausen doch niemals unbedingt sicher verhindert werden kann. Die Bänke sollen daher nur zwei Sitzplätze haben, so daß die Schüler beim Aufstehen rechts oder links hinaustreten können.

Auch die beste Schulbank überhebt den Lehrer nicht der Sorge für einen guten Sitz seiner Schüler. Die Schüler dürfen vor allen Dingen nicht schief sitzen. Sie müssen daher, besonders bei vorgebeugter Sitzhaltung, beide Ellenbogen gleichmäßig auf die Tischplatte und die Hefte und Bücher vor die Mitte ihres Körpers legen. Auch dürfen

sie sich nicht zu weit vornüber beugen. Das schädigt die Augen, begünstigt die Entstehung des runden Rückens und engt Brust- und Bauchhöhle ein. Die schon erwähnten mehrfachen Befehle zum Aufstehen oder zum Sehen nach der Decke während der Schulstunden werden dem Übel abhelfen.

Alle Maßnahmen in der Schule müssen durch gesundheitsgemäße Sitzgelegenheit zu Hause unterstützt werden. Es läßt sich da durch untergelegte Kissen und Fußbänke ohne große Kosten viel erreichen.

β) Stärkung der Widerstandskraft.

Die Schule kann durch sachgemäße Turnübungen zur Stärkung der Widerstandskraft beitragen. Das heutige Schulturnen legt mit Recht besonderen Wert auf die Betätigung und Kräftigung der Rumpfmuskulatur durch Haltungsübungen, Gleichgewichtsübungen und Bewegungen des Rumpfes. Bewegungsspiele und Laufspiele in freier Luft zur Kräftigung der schwächlichen Konstitution werden dabei nicht vernachlässigt. Die Schule muß daneben den Kindern Zeit lassen, sich auch sonst im Freien zu tummeln, auch mag sie auf die Eltern einwirken, ihre Kinder in der freien Zeit auch wirklich ins Freie zu schicken. Dazu kommt natürlich wieder gute Ernährung, genügender Schlaf und geräumige luftige Wohnung. Man kann auch da durch Aufklärung viel erreichen, wenn auch die sozialen Verhältnisse trotz bester Fürsorge immer neue Mängel zeitigen werden.

γ) Besondere Maßnahmen gegen Rückgratsverkrümmungen.
Das orthopädische Schulturnen.

Die Formveränderungen der Wirbelsäule haben eine so verheerende Wirkung, daß eine besondere Bekämpfung notwendig erscheint. Die gegebene Persönlichkeit dafür ist der Arzt, in diesem Falle der Orthopäde. Nun ist das Leiden aber so verbreitet, daß die Zahl der Orthopäden und der orthopädischen Anstalten nicht im entferntesten ausreichen. Man greift nicht zu hoch, wenn man 30 % aller Volksschulkinder unter die Rückenschwächlinge oder Verkrümmten rechnet. In einigen Gegenden sind es mehr, in anderen weniger, namentlich in großen Städten kommt man auf 70 bis 80 %. Es handelt sich also um ein Massenleiden, das auch durch Massenmaßnahmen bekämpft werden muß. Die einzige Gelegenheit zur Massenbekämpfung findet sich in der Schule, da alle Glieder des Volkes durch die Schule hindurchgehen. Dabei ist es gleichgültig, ob die Schule das Übel verursacht oder nur verschlimmert. Die Waffe der Schule ist das orthopädische Schulturnen.

Die Bekämpfung des orthopädischen Schulturnens beruhte zum großen Teil auf Mißverständnissen. Jetzt dürfte seine Berechtigung in den maßgebenden Kreisen anerkannt sein, vorausgesetzt, daß sich das orthopädische Schulturnen innerhalb der ihm gesteckten Grenzen hält.

Die auch sonst übliche Einteilung der Skoliosen in drei Grade ermöglicht am leichtesten die Festlegung der Grenzen des orthopädischen Schulturnens.

I. Grad der Skoliose. Seitliche Verkrümmungen sind vorgebildet, so daß die Wirbelsäule bei Ermüdung und schlaffer Haltung skoliotisch, bei straffer Haltung jedoch völlig gerade erscheint.

II. Grad der Skoliose. Die Skoliose ist auch bei straffer Haltung erkennbar, verschwindet jedoch durch passiven Zug oder Druck.

III. Grad der Skoliose. Die Krümmungen sind verwachsen und versteift und verschwinden auch auf Zug in der Längsrichtung der Wirbelsäule nicht mehr völlig. Hier kann die hochgradigste Verkrüppelung vorkommen.

Die Grenzen des orthopädischen Schulturnens ergeben sich nun von selbst, wenn wir daran festhalten, daß die Schule kein Behandlungsort ist. Damit scheiden die Skoliosen III. Grades von vornherein aus. Die Skoliosen II. Grades verschwinden zwar auf Zug oder Druck, können dabei aber sehr stark sein. Auch diese schweren Verkrümmungen II. Grades gehören selbstverständlich ausschließlich in die Behandlung des Fachorthopäden.

Das orthopädische Schulturnen soll sich im wesentlichen auf Vorbeugung beschränken. Es eignet sich daher

1. für Kinder mit schwacher Konstitution und Rückenschwäche,
2. für Kinder mit flachem Rücken,
3. für Kinder mit rundem Rücken.

Alle drei Arten von Kindern neigen, wie wir sahen, zur Erkrankung an Skoliose und können durch sachgemäßes orthopädisches Schulturnen davor bewahrt bleiben. Das ist um so wichtiger, wenn man bedenkt, daß auch die schwersten Verkrüppelungen einmal ähnlich angefangen haben. Das orthopädische Schulturnen eignet sich

4. für Kinder mit Skoliose I. Grades.

Kinder mit leichter Skoliose II. Grades dürfen zum orthopädischen Schulturnen zugelassen werden, wenn für sie aus Mangel an Geldmitteln oder aus Mangel an ärztlicher orthopädischer Behandlungsgelegenheit am Wohnort auf andere Art nicht gesorgt werden kann.

Folgende Grundsätze sind selbstverständliche Voraussetzung für das orthopädische Schulturnen.

a) Der Schularzt entscheidet über die Teilnahme eines Kindes am orthopädischen Turnunterricht.

b) Das orthopädische Schulturnen steht unter Aufsicht und Verantwortung des Schularztes.

c) Der Schularzt muß genügende orthopädische Vorbildung besitzen, braucht jedoch nicht eigentlicher Fachorthopäde zu sein.

d) Die den Unterricht erteilenden Turnlehrer oder Turnlehrerinnen müssen einen ausreichenden Befähigungsnachweis für dieses Sonderfach des Turnens besitzen.

Kinder, die orthopädisch turnen, werden am besten von dem sonstigen Schulturnen befreit, damit sie alle ihre Kräfte auf die Bekämpfung ihrer Schwäche verwenden können.

Das orthopädische Schulturnen wird als Stoff Rumpfübungen heranziehen, die geeignet sind, Rückenmuskeln, Knochen und Bänder der Wirbelsäule zu kräftigen. Im besonderen wird sich das orthopädische Schulturnen auf die

Klappschen Kriechübungen

aufbauen müssen. (Abb. 59.) Folgende Gründe sind dafür maßgebend.

1. Der Vierfüßlerstand stellt die Wirbelsäule unter die günstigsten Belastungsverhältnisse.

2. Jede Verkrümmung der Wirbelsäule wird durch Ausgleich und Verkehrung in ihr Gegenteil bekämpft. Die Klappschen Kriechübungen ermöglichen eine Lordosierung der Wirbelsäule und damit, wie Seite 25 näher beschrieben, ein Abbiegen der Wirbelsäule an jeder beliebigen Stelle. Sie sind damit allen anderen Turnübungen in der Bekämpfung der Neigung zu bestimmten Verkrümmungen der Wirbelsäule überlegen. Man lese zum Verständnis noch einmal die Bemerkungen über den Vierfüßlergang auf Seite 16 u. 25.

3. Bewegungen im Vierfüßlerstand sind immer ausgiebige Übungen der Rückenmuskeln. Der Brustkorb wird dabei in ausgiebigstem Maße geweitet und beweglich gemacht.

Die Einzelheiten des orthopädischen Schulturnens können hier nicht näher besprochen werden, müssen vielmehr besonderen Bearbeitungen vorbehalten bleiben.

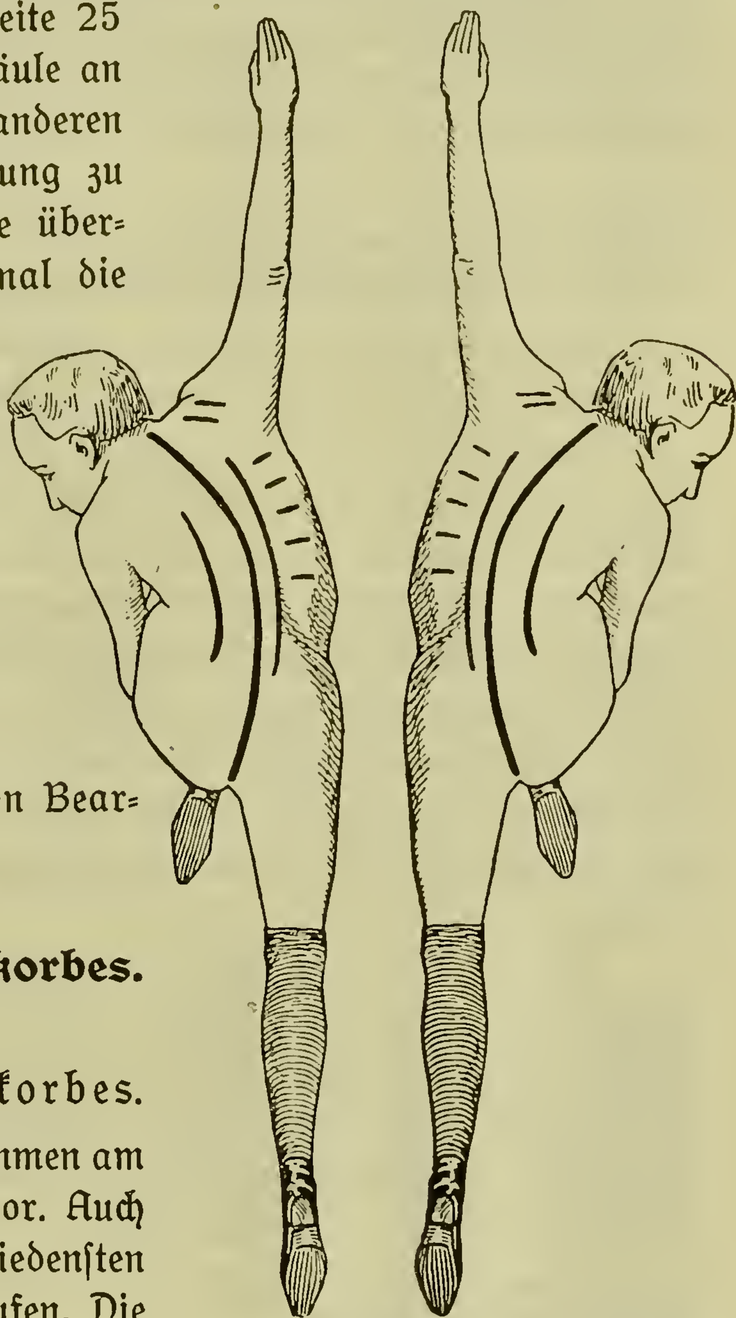


Abb. 59. Kriechübung. (Nach Klapp.)

2. Formveränderungen des Brustkorbes.

A. Verschiedene Arten von Formveränderungen des Brustkorbes.

1. Angeborene Mißbildungen kommen am Brustkorb ebensogut wie an der Wirbelsäule vor. Auch die englische Krankheit kann die verschiedensten Formveränderungen des Brustkorbes hervorrufen. Die Hühnerbrust und die Schusterbrust gehören neben schwersten Verunstaltungen hierher. Auch örtliche Erkrankungen einzelner Rippen fehlen nicht.

2. Die Formveränderungen des Brustkorbes als Folge von Rückgratsverkrümmungen wurden schon Seite 53 und 57 beschrieben.

3. Der faßförmige Brustkorb entsteht meist als Folge der Lungenerweiterung und ist bei Kindern verhältnismäßig selten, da sich eine Dehnung der Lunge im Kindesalter, etwa nach lang dauerndem Stickhusten, doch meist wieder zurückbildet.

4. Formveränderungen des Brustkorbes infolge fehlerhafter Kleidung kommen häufig vor. Hierher gehören die Formveränderungen durch das Korsett bei den Frauen und seltener durch Leibriemen bei den Männern. Auf das Wesen und die Bekämpfung dieser Formveränderungen werden wir bei der Kleidung näher eingehen.

B. Der flache Brustkorb.

a) Entstehung und Folgen des flachen Brustkorbes.

Der flache Brustkorb entwickelt sich, wie die konstitutionelle Skoliose, auf Grund der schwächlichen Konstitution und findet sich oft zusammen mit dem flachen Rücken. Das Maß der Abflachung des Brustkorbes ist, wie Seite 49 auseinandergesetzt wurde, im wesentlichen von der Entwicklung der Einatmungsmuskeln und der Stärke oder Schwäche der Gelenkkapseln und Bänder des Brustkorbes abhängig und daher schon in physiologischen Grenzen verschieden. Die Abflachung muß bei konstitutionellen Schwächlingen höhere Grade annehmen, so daß der Brustkorb lang und schmal wird. Das gilt zunächst für die Ruhehaltung. Ein flacher Brustkorb könnte natürlich an sich bei der Einatmung besonders ausgiebig gehoben werden. Bei der ungenügenden Bewegung der konstitutionellen Schwächlinge geschieht das aber meist nicht. Daher wird die Lunge nicht entfaltet und nur ungenügend durchlüftet und durchblutet. Die Folge ist häufig eine Erkrankung an Lungentuberkulose. Die Tuberkulose ist eine ansteckende Krankheit, die Tuberkelbazillen sind sehr verbreitet und werden überall eingeatmet. Die Lunge der meisten Menschen weist daher ausgeheilte Tuberkuloseherde auf, nur daß die ausgiebige Durchblutung der Lungen die Bazillen abtötete und die Krankheit nicht weiter um sich greifen ließ. Diese Durchblutung fehlt aber, wie wir sahen, bei den flachbrüstigen Menschen, und zwar besonders in den Lungenspitzen, die durch die obere Brustkorböffnung mehrere Zentimeter über die erste Rippe hinausragen und sich daher schon bei kräftigen Menschen wenig, bei flachbrüstigen Menschen noch weniger an der Einatmung beteiligen.

Die erste Rippe ist nun, wie erwähnt, nicht senkrecht auf die Kante gestellt, ihre Fläche liegt vielmehr wagerecht, so daß die eine Kante nach der Innenseite der oberen Brustkorböffnung zeigt. (Abb. 41 u. 43.) Diese Kante kann bei der Enge der oberen Öffnung des flachen Brustkorbes eine Schnürfurche in die Lunge eindrücken und rein mechanisch den Zutritt von Luft und Blut in die Lungenspitze behindern, wie besonders Freund und andere Autoren betonen. Damit ist der Ansiedelung von Tuberkelbazillen in den Lungenspitzen Tür und Tor geöffnet. Die Lungentuberkulose beginnt denn auch meist in den Spitzen.

Der flache Brustkorb und somit auch die Veranlagung zur Lungenschwindsucht ist als Folge der schwächlichen Konstitution vererblich. Die Erkrankung selbst erfolgt aber stets durch Ansteckung. Kinder schwindsüchtiger Eltern sind neben ihrer vererbten Veranlagung mehr als andere Kinder der Ansteckung ausgesetzt, da sie mit den Eltern eng zusammen wohnen und mit ihnen in die intimste Berührung kommen. Die Gefährdung wird um so größer, je ungünstiger die sozialen Verhältnisse sind, denn ungenügende Ernährung und ungesunde Wohnung schwächen die Widerstandskraft noch mehr, und die engen Wohnungen geben weitere Gelegenheit zur Ansteckung.

b) Bekämpfung des flachen Brustkorbes.

1. Alle Maßnahmen, die die schwächliche Konstitution zu bessern vermögen, kommen für die Bekämpfung des flachen Brustkorbes in Frage. Das sind gesunde Wohnung, gute Ernährung, genügender Schlaf, den Kräften angepaßte Bewegung in frischer

Luft, wie das schon bei Bekämpfung der konstitutionellen Rückgratsverkrümmungen ausgeführt wurde.

2. Besondere Leibesübungen zur Bekämpfung des flachen Brustkorbes sind die Atemübungen, sowohl die eigentlichen Atemübungen als andere Leibesübungen, die als Nebenwirkung ein tiefes Atmen physiologisch hervorrufen. Die Kriechübungen von Klapp sind auch hier wertvoll, da sie die abflachende Wirkung der Schwerkraft aufheben und, namentlich beim Tiefkriechen, die Einatmungsstellung des Brustkorbes geradezu erzwingen.

Auch das Atmen durch die Kuhnsche Lungensaugmaske soll als spezielle Brustkorbgymnastik erwähnt werden. Die Anwendung der Maske muß freilich der eigentlichen ärztlichen Behandlung vorbehalten bleiben.

Zweiter Abschnitt.

Die Muskeln des Stammes.

Bevor wir mit der Beschreibung einzelner Muskeln beginnen, sei nachdrücklich darauf hingewiesen, daß man die Muskeln nur lernen kann, wenn man sich an der Hand von Knochen nach guten Abbildungen oder Modellen eine körperliche Vorstellung von ihnen erwirbt. Auch darf man sich ihre Wirkung nach den nachfolgenden Angaben nicht mechanisch einprägen, sondern muß sie durch eigenes Nachdenken verstehen lernen. Es wird zum Verständnis der mechanischen Muskelwirkung daran erinnert, daß Muskeln die Fähigkeit besitzen, sich in ihrer Faserrichtung durch Zusammenziehung zu verkürzen und damit Ursprung und Ansatz einander zu nähern.

1. Die Streckmuskeln des Rückens.

Die Verbindungslinie sämtlicher Dornfortsätze untereinander und mit dem Hinterhauptshöcker ist in vorwärts gebeugter Stellung am längsten und wird beim Strecken und Überstrecken (Rückwärtsbeugen) des Rumpfes immer kürzer. Daher müssen die Muskeln für die Streck- bzw. Überstreckbewegung an der hinteren Seite des Rumpfes, wo die Verkürzung stattfinden soll, liegen.

Die Streckmuskeln des Rückens sind, wie alle Muskeln des Körpers, in der Doppelzahl vorhanden und liegen daher nicht in der Mittellinie des Rückens, sondern symmetrisch zu beiden Seiten. Sie können daher durch einseitige Zusammenziehung gleichzeitig die Beugung des Rumpfes in schräg seitlicher Richtung unterstützen. Soll die Beugung nach rechts rückwärts erfolgen, so ziehen sich die rechtsseitigen Streckmuskeln des Rückens zusammen, bei der Beugung nach links rückwärts die linksseitigen Streckmuskeln. Das eigentliche Strecken und Überstrecken des Rumpfes nach hinten findet nur durch gleichzeitige Zusammenziehung der beiderseitigen Streckmuskeln statt.

Der Rumpf kann aber nicht nur nach der Seite gebeugt, sondern auch gedreht werden, ja, bei jeder seitlichen Beugung findet gleichzeitig eine Drehung statt. Auch die Drehbewegungen werden durch die einseitige Zusammenziehung von Streckmuskeln des Rückens hervorgerufen, die natürlich nicht senkrecht, sondern schräg oder wagerecht verlaufen und durch doppelseitige Zusammenziehung gleichfalls beim Strecken oder Überstrecken des Rückens mitwirken. Die Streckmuskeln des Rückens reichen bis

hinauf zum Kopf und werden im Gebiet von Kopf und Hals als Nackenmuskeln besonders bezeichnet.

Die Streckmuskeln des Rückens zerfallen in 3 Schichten, die tiefe, mittlere und oberflächliche Schicht. Die Muskeln der tiefen Schicht liegen den Knochen unmittelbar an oder verlaufen in Lücken zwischen ihnen. Die mittlere und oberflächliche Schicht bedeckt die darunter liegende Schicht ganz oder teilweise. Die kürzeren Muskeln, die nahegelegene Punkte verbinden, liegen natürlich in der tiefen Schicht, die Muskeln der höheren Schichten, die jene bedecken, müssen auch weiter voneinander entfernte Punkte miteinander verbinden.

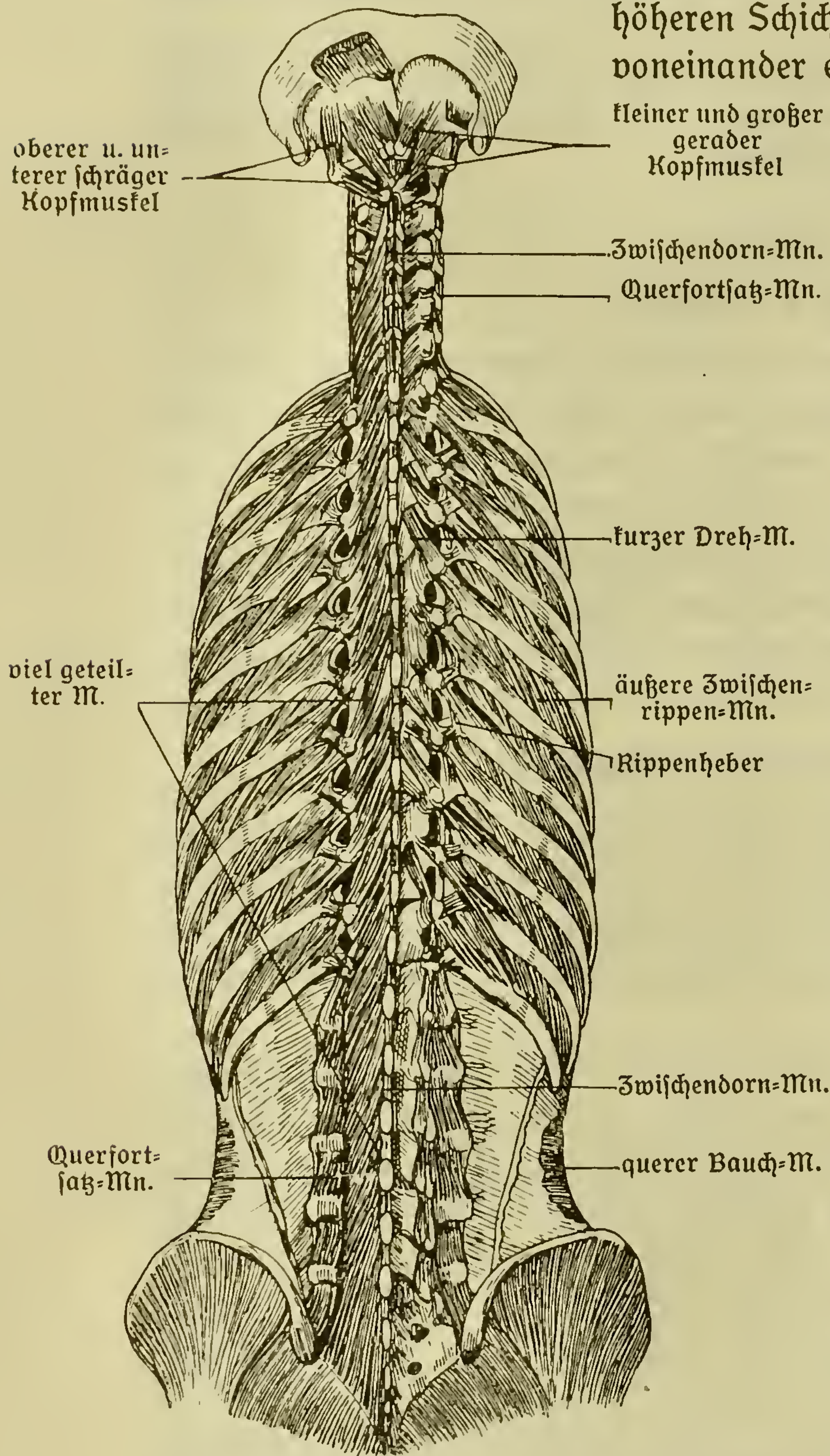


Abb. 60. Muskeln der tiefen Schicht der Streckmuskeln des Rückens und der vielgeteilte Muskel. $1/6$ nat. Größe. (Bardeleben.)

A. Tiefe Schicht der Streckmuskeln des Rückens.

Zu der tiefen Schicht gehören: a) die Zwischendornmuskeln und die Querfortsatzmuskeln, b) die kurzen Drehmuskeln, c) die kurzen, tiefen Nackenmuskeln. (Abb. 60.)

a) **Die Zwischendornmuskeln** verlaufen zwischen den Dornfortsätzen zweier benachbarter Wirbel, und zwar paarig an beiden Seitenrändern der Dornfortsätze, dicht nebeneinander liegend. Die Querfortsatzmuskeln verbinden die Querfortsätze zweier benachbarter Wirbel miteinander. Wirkung: Bei einseitiger Zusammenziehung Beugung schräg seitwärts rückwärts, bei doppelseitiger Zusammenziehung Streckung bzw. Überstreckung der Wirbelsäule.

Beide Muskelarten fehlen an der Brustwirbelsäule. Dafür finden sich

b) die **kurzen Drehmuskeln** ausschließlich an der Brustwirbelsäule. Sie verlaufen von den Querfortsätzen eines Wirbels zu dem Dornfortsatz des nächst höher gelegenen Wirbels. Wirkung: Bei einseitiger Zusammenziehung Drehung des höheren Wirbels nach der entgegengesetzten Seite, bei doppelseitiger Zusammenziehung Unterstützung der allgemeinen Wirkung der Rückenstrecker.

c) Die **kurzen, tiefen Nackenmuskeln** wirken bei der Bewegung des Kopfes gegen die oberen beiden Halswirbel mit:

Die Streckung und Beugung des Kopfes nach hinten und seitwärts geschieht durch

1. den kleinen geraden Kopfmuskel, 2. den großen geraden Kopfmuskel und 3. den oberen schrägen Kopfmuskel. Sie entspringen sämtlich an der unteren Nackenlinie, der kleine gerade Kopfmuskel unmittelbar neben der medianen Nackenlinie, die übrigen in der genannten Reihenfolge lateralwärts. Der kleine gerade Kopfmuskel geht zum hinteren Atlashöcker, der große gerade Kopfmuskel zum Dornfortsatz des Epistropheus, der obere schräge Kopfmuskel zum Querfortsatz des Atlas. Die Wirkung der Muskeln ergibt sich nach den allgemeinen Bemerkungen über die Streckmuskeln des Rückens aus der Abbildung von selbst. Da zeigt sich auch, daß der große gerade Kopfmuskel vermöge seines schrägen Verlaufs bei einseitiger Zusammenziehung den Kopf neben Beugung und Streckung drehen kann, und zwar nach der gleichnamigen Seite. Er verläuft nämlich, wie alle Drehmuskeln des Kopfes und Halses, von unten medial nach oben lateral, während die Drehmuskeln der übrigen Wirbelsäule mit Ausnahme des langen Rückenstreckers von unten lateral nach oben medial verlaufen und daher nach der ungleichnamigen Seite drehen müssen. 4. Der seitliche gerade Kopfmuskel vermag den Kopf genau seitlich zu beugen und verläuft zwischen Seitenteil des Hinterhauptbeins und Querfortsatz des Atlas.

Die seitliche Drehung des Kopfes erfolgt 5. durch den unteren schrägen Kopfmuskel. Er verläuft zwischen Dornfortsatz des Epistropheus und Querfortsatz des Atlas und dreht den Kopf mit Atlas nach der gleichnamigen Seite.

Alle Muskeln der tiefen Schicht besorgen die Feinmechanik der Kopf- und Wirbelsäulenbewegung, während die Muskeln der übrigen Schichten gröber, aber um so kräftiger wirken.

B. Mittlere Schicht der Streckmuskeln des Rückens.

Die Muskeln der mittleren Schicht sind sämtlich Drehmuskeln. Es sind a) der vielgeteilte Muskel und b) der Halbdornmuskel. (Abb. 60 u. 61.)

Anmerkung: M. bedeutet bei den lateinischen Namen Musculus.

a) **Der vielgeteilte Muskel** (M. multifidus) ist die Zusammenfassung zahlreicher schief verlaufender Muskelbündel, die von den Querfortsätzen unterer Wirbel zu den Dornfortsätzen der dritthöheren Wirbel verlaufen. Zu den Dornfortsätzen der drei untersten Lendenwirbel führen Muskelbündel von der Hinterfläche des Kreuzbeins. Der Muskel reicht nach oben bis zum Dornfortsatz des Epistropheus. Wirkung: Bei einseitiger Zusammenziehung kräftige Drehwirkung nach der entgegengesetzten Seite, die aber weniger umfänglich als bei den kleinen Drehmuskeln ist, da der Winkel, den der vielgeteilte Muskel mit der Längsachse der Wirbelsäule bildet, kleiner ist. Daneben vielleicht etwas Beugewirkung in schräg seitlicher Richtung. Bei doppelseitiger Zusammenziehung Streck- und Überstreckwirkung. Die von dem Kreuzbein kommenden Muskelbündel vermögen durch ihre Zusammenziehung bei Liegestützübungen ein Durchsinken der Lendenwirbelsäule bauchwärts zu verhindern.

b) **Der Halbdornmuskel** (M. semispinalis) geht wie der vielgeteilte Muskel von Querfortsätzen unterer Wirbel zu Dornfortsätzen höherer Wirbel, überspringt dabei aber mehr als zwei Wirbel. Er beginnt unten erst an der Brustwirbelsäule,

reicht dafür aber bis zum Kopf und setzt breit an der oberen Nackenlinie unmittelbar neben dem Hinterhauptshöcker an. Die Wirkung des Muskels ist die gleiche wie die des vielgeteilten Muskels, nur ist der Umfang der Drehwirkung natürlich noch kleiner. Die beiderseitige Zusammenziehung hat, besonders im Kopfteil, Streck- und Überstreckwirkung.

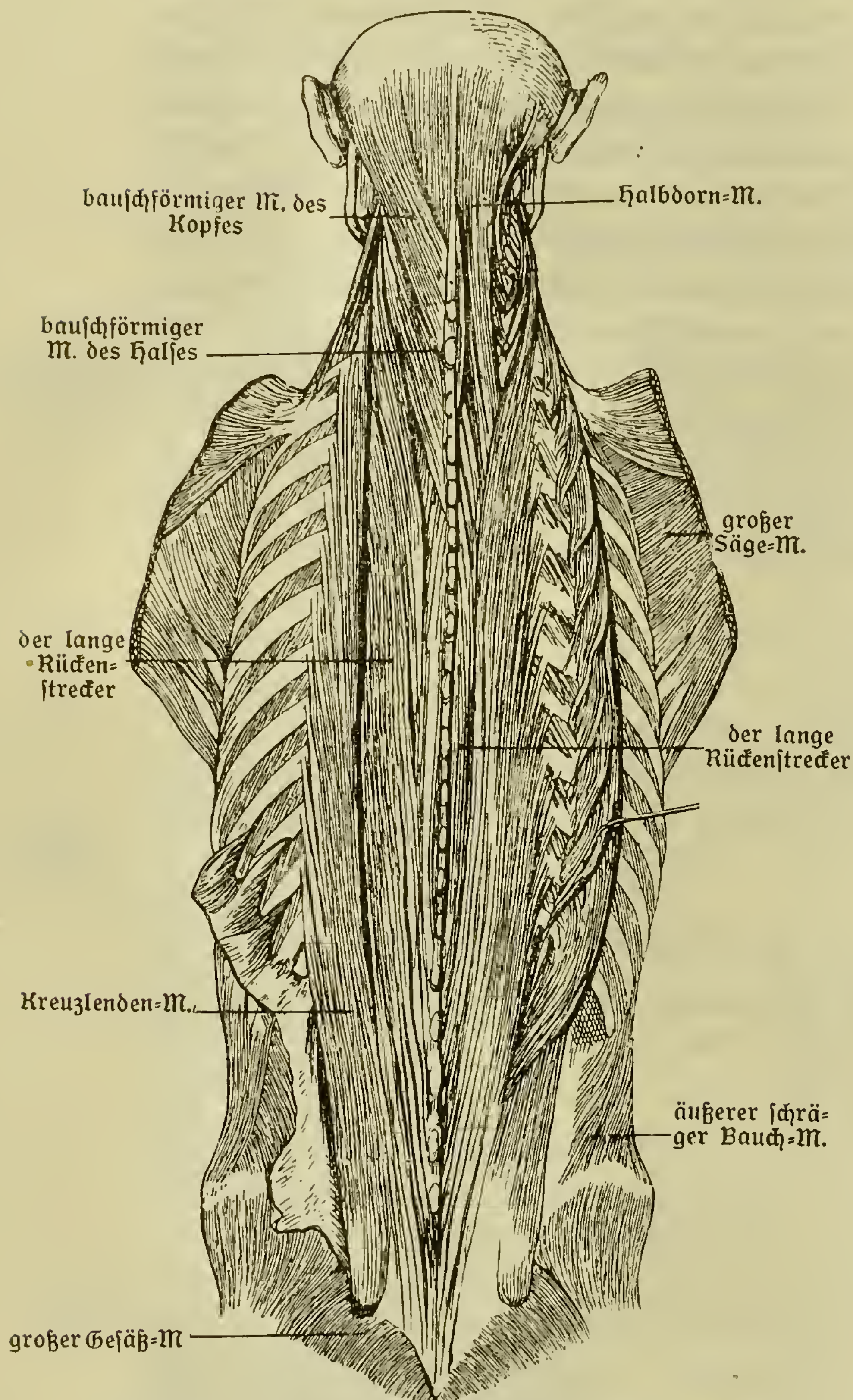


Abb 61. Der Halbdornmuskel, der lange Rückenstrecker und die oberflächliche Schicht der besonderen Streck- und Drehmuskeln des Nackens. 1/6 nat. Größe. (Bardeleben.)

C. Oberflächliche Schicht der Streckmuskeln des Rückens.

Der lange Rückenstrecker.

Der lange Rückenstrecker ist der kräftigste und wichtigste Streckmuskel des Rückens. (Abb. 61.) Er verläuft von der Hinterfläche des Kreuzbeins und dem angrenzenden Teil des Darmbeinkamms breit zu beiden Seiten der Dornfortsätze nach oben und nimmt in dem Brustteil den ganzen Raum bis zum Rippenwinkel ein. Er bekommt weitere Ursprungszacken von den Dornfortsätzen der Lendenwirbel und unteren Brustwirbel, den Querfortsätzen sämtlicher Wirbel bis hinauf zu den untersten Halswirbeln, sowie von den unteren Rippen und gibt Ansatzzacken ab an die Dornfortsätze der Lenden- und Brustwirbel, die Querfortsätze sämtlicher Wirbel und an sämtliche Rippen. Er endet schließlich mit einem dünnen Strang am Warzenfortsatz des Schläfenbeins. Wirkung: Bei einseitiger Zusammenziehung kräftige Beugung nach seitwärts rückwärts und Drehwirkung, besonders vermöge seiner Ansatzzacken an den Rippen, nach der gleichnamigen Seite, da die erwähnten Zacken von unten medial nach oben lateral verlaufen. Der Muskel vermag bei beiderseitiger Zusammenziehung die ganze Wirbelsäule kräftig zu strecken und zu überstrecken. Die vom Kreuzbein und Darmbeinkamm zur Lendenwirbelsäule verlaufenden Bündel kann man mit den gleichen Bündeln des vielgeteilten Muskels als „Kreuzlendenmuskel" zusammenfassen. Sie vermögen in kräftigster Weise, z. B. bei Liegestütz, ein Durchsinken der Lendenwirbelsäule bauchwärts zu verhindern.

D. Oberflächliche Schicht der besonderen Streck- und Drehmuskeln des Nackens.

In der Nackengegend, wo der lange Rückenstrecker schwächer wird, kommen als besondere Nackenmuskeln a) der bauschförmige Muskel des Halses und b) der bauschförmige Muskel des Kopfes hinzu. (Abb. 61.)

a) **Der bauschförmige Muskel des Halses** (M. splenius colli) entspringt von den Dornfortsätzen des 1.—4. Brustwirbels und setzt an den Querfortsätzen der drei obersten Halswirbel an. Wirkung: Bei einseitiger Zusammenziehung kräftige Drehung der betreffenden Halswirbel nach der gleichnamigen Richtung, da er wieder von unten medial nach oben lateral verläuft, ferner geringe Beugung in schräg seitlicher Richtung. Bei beiderseitiger Zusammenziehung kräftige Streckung und Überstreckung.

b) **Der bauschförmige Muskel des Kopfes** (M. splenius capitis) entspringt von den Dornfortsätzen der drei untersten Halswirbel und setzt an der oberen Nackenlinie lateralwärts vom Halbdornmuskel an, dessen Kopfteil er halb bedeckt. Wirkung: Bei einseitiger Zusammenziehung Drehung des Kopfes nach der gleichnamigen Richtung, aus denselben Gründen wie beim bauschförmigen Muskel des Halses, und Beugung in schräg seitlicher Richtung. Bei beiderseitiger Zusammenziehung kräftige Streckung bzw. Beugung des Kopfes nach hinten.

Alle Streckmuskeln des Rückens und Nackens müssen bei Hang am Kopf oder an den oberen Gliedmaßen die umgekehrte Wirkung, als hier geschildert wurde, ausüben.

Die enge Verquickung der Drehwirkung mit der seitlichen Beugewirkung vieler der hier beschriebenen Muskeln läßt die Tatsache, daß Seitswärtsbeugungen oder Skoliosen stets mit einer Torsion verbunden sind, wohl verstehen. Es würde aber zu weit führen, im einzelnen die Richtung der Torsion aus der Muskelwirkung ableiten zu wollen.

2. Die Beugemuskeln der Wirbelsäule.

Man könnte annehmen, daß die Beuger der Wirbelsäule, entsprechend den Streckmuskeln des Rückens, die ganze Vorderseite der Wirbelsäule einnehmen müßten. Das ist nicht der Fall. Sie finden sich vielmehr nur am Hals und zwischen Hals und Kopf. Allenfalls kann man den Lendenteil des Lendendarmbeinmuskels noch hierher rechnen. Jedoch setzt er nicht mehr am Rumpf, sondern an den unteren Gliedmaßen an und wirkt erst in zweiter Reihe auf die Lendenwirbelsäule beugend.

A. Beugemuskeln der Wirbelsäule an Hals und Kopf.

a) **Der lange Halsmuskel** (M. longus colli) verläuft vom Körper des dritten Brustwirbels bis zum vorderen Bogen des Atlas. Senkrechte Fasern verbinden die Körper der sechs unteren Wirbel mit den Körpern bzw. den vorderen Bogen der vier oberen Wirbel, obere schräge Fasern ziehen vom Bogen des Atlas zu den Querfortsätzen oberer

Halswirbel, untere schräge Fasern vom Körper des 3. Brustwirbels zu den Querfortsätzen unterer Halswirbel. Der Muskel bildet danach ein Dreieck, dessen Basis medial längs der Wirbelkörper, dessen Spitze lateral liegt. Wirkung: Bei einseitiger Zusammenziehung Beugewirkung schräg seitwärts vorwärts und Drehwirkung, bei doppelseitiger Zusammenziehung Beugung vorwärts. (Abb. 62.)

Die Halswirbelsäule wird, wie wir Seite 27 sahen, nur wenig vorwärts gebeugt. Diese Bewegung findet vielmehr hauptsächlich im Gelenk zwischen Kopf und Atlas statt. Daher ist der lange Halsmuskel nur schwach entwickelt.

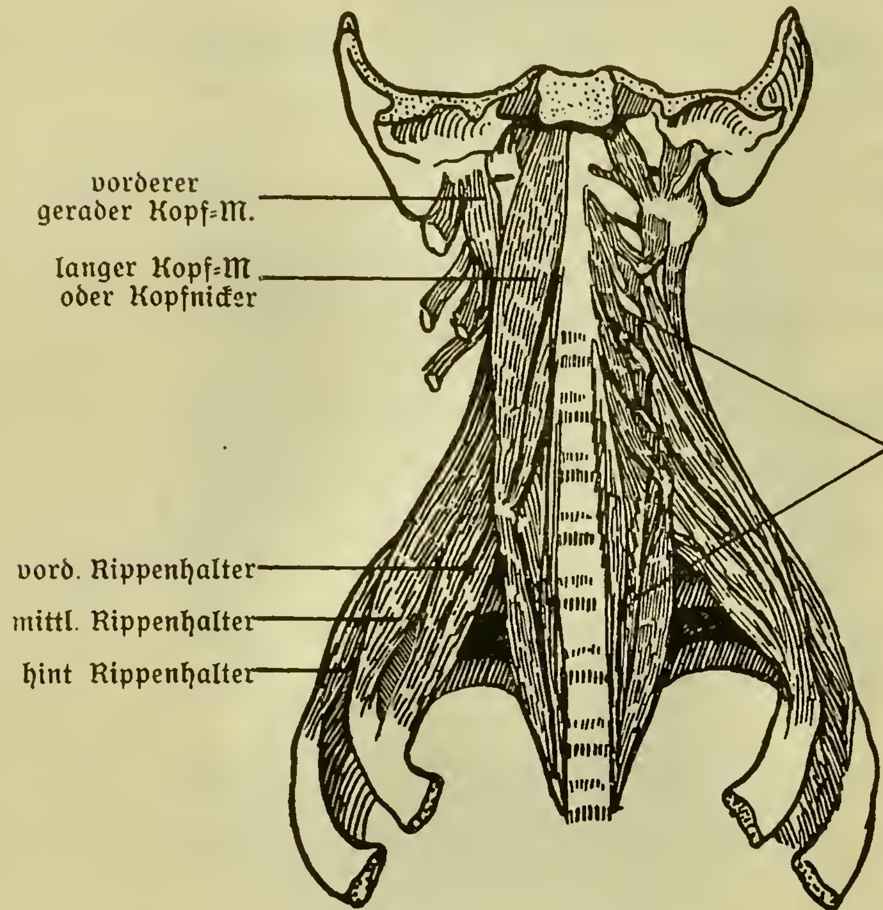


Abb. 62. Die drei Rippenhalter und die Beugemuskeln der Wirbelsäule an Kopf und Hals (frei nach Told).

b) **Der vordere gerade Kopfmuskel** entspringt am Körper des Hinterhauptbeins unmittelbar vor dem Hinterhauptloch und verläuft zu den Querfortsätzen des Atlas. (Abb. 62.) Der Muskel nimmt an der Vorderseite die Stelle der kurzen tiefen Nackenmuskeln ein. Wirkung: Bei einseitiger Zusammenziehung Beugung des Kopfes schräg seitwärts vorwärts, bei doppelseitiger Zusammenziehung Beugung des Kopfes vorwärts, „Kopfnicken". Die gleiche Wirkung, nur kräftiger und ausgiebiger, hat

c) **der lange Kopfmuskel** (M. longus capitis) oder der **Kopfnicker.** Er entspringt von den Querfortsätzen des 3.—6. Halswirbels und setzt am Körper des Hinterhauptbeins vor dem vorderen geraden Kopfmuskel an. (Abb. 62.)

B. Beugemuskeln der Lendenwirbelsäule.

Besondere Beugemuskeln sind hier nicht vorhanden.

Der Lendenteil des Lendendarmbeinmuskels hilft die Lendenwirbelsäule bei einseitiger Zusammenziehung schräg seitwärts vorwärts, bei doppelseitiger Zusammenziehung vorwärts beugen, wenn der Oberschenkel in Streckstellung zum Rumpf fest gestellt ist. (Abb. 83.)

Die nähere Beschreibung des Muskels siehe Seite 108.

Die fehlenden Beugemuskeln der übrigen Wirbelsäule werden durch die Bauchmuskeln ersetzt, die durch Vermittelung des Brustkorbes diese Wirkung auszuüben vermögen. Dabei muß der Brustkorb durch andere Muskeln in eine gewisse feste Lage gebracht werden.

Besondere Muskeln zur seitlichen Beugung der Wirbelsäule fehlen völlig. Wir sahen bei der Besprechung der Streckmuskeln des Rückens stets nur eine Beugung schräg seitwärts rückwärts in verschiedener Abstufung. Die Beugung in gerader seitlicher Rich-

tung wird ebenfalls von den Bauchmuskeln durch Vermittelung des Brustkorbes ausgeführt. Nur der Kopf kann durch die seitlichen geraden Kopfmuskeln in gerader seitlicher Richtung gebeugt werden. Eine kräftige Beugung erfolgt aber auch da durch andere Muskeln.

Die Muskeln des Brustkorbes und die Bauchmuskeln müssen zum Verständnis dieser Nebenwirkung vorher in ihrer sonstigen Tätigkeit bekannt sein.

3. Die Muskeln des Brustkorbes. (Brustatmung.)

Die Bewegungen des Brustkorbes dienen der Atmung. Ihr Zweck ist wechselnde Vergrößerung und Verkleinerung des Hohlraumes der Brust. Die Vergrößerung des Brustraumes geschieht durch Heben des ganzen Brustkorbes oder einzelner seiner Teile, die Verkleinerung durch nachfolgendes Senken. Diese Atembewegung nennt man Brustatmung, der die Bauchatmung mit Senken und Heben des Zwerchfelles gegenübersteht.

Man unterscheidet verschiedene Grade der Atmung, ruhige Atmung, tiefe Atmung, angestrengte Atmung und Atemnot. Je größer das Atembedürfnis ist, um so mehr muß der Brustraum vergrößert oder verkleinert werden, um so ausgiebiger muß (bei der Brustatmung) das Heben und Senken des Brustkorbes erfolgen.

A. Die Hebung und Senkung einzelner Teile des Brustkorbes besteht in Vergrößerung oder Verkleinerung der Zwischenrippenräume durch die Zwischenrippenmuskeln und die kurzen und langen Rippenheber. B. Die übrigen Einatmungsmuskeln des Brustkorbes heben den Brustkorb in seiner Gesamtheit. C. Die übrigen Ausatmungsmuskeln des Brustkorbes senken ihn in seiner Gesamtheit.

A. Die Zwischenrippenmuskeln und Rippenheber.

a) **Die Zwischenrippenmuskeln.** (Abb. 60 u. 108.) Die Zwischenrippenmuskeln verbinden immer die obere Kante einer unteren Rippe mit der unteren Kante der zunächst höher gelegenen Rippe. Dabei erfüllen sie zwei Aufgaben:

α) sie bewegen die Rippen gegeneinander,

β) sie helfen die Brustwand bilden.

α) Man unterscheidet innere und äußere Zwischenrippenmuskeln, die flach aufeinanderliegen und deren Fasern sich kreuzen. Die Fasern der inneren Zwischenrippenmuskeln verlaufen von hinten unten nach vorn oben, die Fasern der äußeren Zwischenrippenmuskeln von hinten oben nach vorn unten. Die Zusammenziehung der Zwischenrippenmuskeln kann für Hebung oder Senkung der Rippen nur zur Geltung kommen, wenn ihr Zug nach der Wirbelsäule hin wirkt. Beim Zug von der Wirbelsäule fort müßten sie zuerst die Rippen durch Lockerung ihrer Gelenkverbindung mit den Wirbeln von der Wirbelsäule abziehen, wozu der dafür in Betracht kommende Teil ihrer Kraft nicht ausreichen würde. Dementsprechend können die inneren Zwischenrippenmuskeln die Rippen nur beim Zug nach unten gegeneinander bewegen. Sie werden demnach höhere Rippen bei festgestellten unteren Rippen herunterziehen, also zur Ausatmung beitragen. Umgekehrt können die äußeren Zwischenrippenmuskeln die Rippen nur nach oben bewegen, also untere Rippen bei festgestellten oberen Rippen heraufziehen. Sie wirken demnach als Einatmungsmuskeln. Wenn man die eben geschilderte Tätigkeit nur gering anschlagen oder verneinen will, so bleibt doch bestehen, daß die Zwischen-

rippenmuskeln bei der Hebung und Senkung des Gesamtbrustkorbes die unteren bzw. oberen Rippen nachziehen. Zu dieser Tätigkeit würden freilich auch Zwischenrippenbänder genügen. Dagegen sind die Zwischenrippenmuskeln

β) bei der Bildung der Brustwand unentbehrlich und nicht durch etwaige Bänder zu ersetzen. Die Form des Brustkorbes und in gleicher Weise der Zwischenrippenräume wird beim Heben und Senken dauernd verändert, und zwar wechselt die Gestalt der Zwischenrippenräume in der verschiedensten Abstufung zwischen einem schiefwinkligen Parallelogramm und einem Rechteck. Die Ausfüllungen der Zwischenrippenräume müssen sich dieser Gestaltsveränderung anpassen können. Bänder vermögen das nur bei schlaffer, nicht etwa bei straffer Befestigung. Nun entsteht aber bei jeder Hebung im Brustkorb ein luftleerer Raum, der die Zwischenrippenräume durch Ansaugen ihrer etwaigen schlaffen Bänder zum Einsinken bringen müßte. Auf diese Weise würde ein Teil der Saugkraft für die Atmung verloren gehen, was dadurch vermieden wird, daß die Zwischenrippenräume durch Muskeln anstatt durch Bänder ausgefüllt sind. Diese können durch Zusammenziehung die jeweilige Gestalt der Zwischenrippenräume als straffe Ausfüllung annehmen. Ein Einsinken der Zwischenrippenräume geschieht daher nur bei sehr forcierter Einatmung oder bei Schwächlingen und Kranken mit mangelhafter Muskulatur. Der Bau des Brustkorbes wird demnach erst durch Vorhandensein der Zwischenrippenmuskeln völlig zweckentsprechend.

b) **Die Rippenheber.** (Abb. 60.) Die Rippenheber liegen an der Rückseite der Wirbelsäule, zusammen mit der tiefen Schicht der Streckmuskeln des Rückens. Sie verlaufen von den Querfortsätzen der Brustwirbel zu den nächsttieferen und zweittieferen Rippen und werden danach in kurze und lange Rippenheber eingeteilt. Wirkung: Hebung der betreffenden Rippen, einseitig und doppelseitig.

B. Die übrigen Einatmungsmuskeln des Brustkorbes.

Die eben beschriebene Einatmungswirkung der äußeren Zwischenrippenmuskeln und der Rippenheber tritt bei der ruhigen Einatmung in Tätigkeit. Der ganze Brustkorb wird bei etwas tieferer Einatmung durch a) die drei Rippenhalter und b) den hinteren Sägemuskel, weiter bei noch tieferer Einatmung c) durch den Kopfhalter gehoben. Bei Atemnot verstärken eine ganze Anzahl Muskeln die Hebung des Brustkorbes, die jedoch nicht mehr zu den eigentlichen Hebern des Brustkorbes, sondern zu den Muskeln der oberen Gliedmaßen gehören und dort Seite 134—141 besprochen werden.

a) **Die drei Rippenhalter,** der vordere, mittlere und hintere (M. scalenus anticus, medius und posticus) verlaufen von den Querfortsätzen der Halswirbel abwärts und lateralwärts zu den beiden ersten Rippen. (Abb. 62 u. 105.) Der mittlere entspringt von den Querfortsätzen sämtlicher Halswirbel, der vordere und hintere nur von den Querfortsätzen der vier unteren Halswirbel. Der vordere und mittlere setzen an der 1. Rippe, der hintere an der 2. Rippe an. Zwischen den Ansätzen des vorderen und mittleren Rippenhalters bleibt eine Lücke, durch die die Arterien und Nerven der oberen Gliedmaßen über die 1. Rippe und unter dem Schlüsselbein aus dem Brustkorb heraustreten. Die Lage der drei Rippenhalter wird sich der Anschauung noch besser einprägen, wenn man sie mit dem Spitzdach eines seitlich an die Halswirbelsäule angesetzten Erkers

vergleicht, das nach hinten noch durch den später zu besprechenden Schulterblattheber vervollständigt wird. Dieses Dach deckt von oben die emporragende Lungenspitze und die über sie zum Oberarm hinziehenden Blutgefäße und Nerven. Wirkung: Heben der oberen Rippen und damit des ganzen Brustkorbes bei der Einatmung. Bei festgestelltem Brustkorb Mithilfe bei Beugen der Halswirbelsäule in der entsprechenden Richtung. Die Grenze der Abflachung des Brustkorbes wird mit durch die Kraft der Rippenhalter bestimmt.

b) **Der hintere obere Sägemuskel** (M. serratus posticus superior) ist beim Menschen nicht sehr ausgebildet und daher unwichtig. Er kommt von den Dornen der beiden letzten Halswirbel und der beiden ersten Brustwirbel und zieht über die Streckmuskeln des Rückens hinweg schräg abwärts zu der 2.—5. Rippe. Wirkung: Heben dieser Rippen und damit mittelbar des Brustkorbes.

c) **Der Kopfhalter** entspringt von dem oberen Rande des Brustbeins und mit einem zweiten Kopf vom medialen Ende des Schlüsselbeins und zieht schräg über alle Halsmuskeln hinweg zum Warzenfortsatz und der oberen Nackenlinie. Daraus ergibt sich schon die Bewegung des Kopfes als Haupttätigkeit. Der Muskel wird daher Seite 77 genau beschrieben. Hier kommt nur folgende Nebenwirkung in Betracht: Nach Feststellung des Kopfes durch andere Muskeln Heben des Brustbeins und medialen Endes des Schlüsselbeins und damit des Brustkorbes bei erschwerter Einatmung. (Abb. 63.)

C. Die übrigen Ausatmungsmuskeln des Brustkorbes.

Neben der eigenen Schwere und den inneren Zwischenrippenmuskeln vermögen a) der hintere untere Sägemuskel, b) der vierseitige Lendenmuskel und c) die Bauchmuskeln den Brustkorb herabzuziehen.

a) **Der hintere untere Sägemuskel** (M. serratus posticus inferior) entspringt von den Dornen der zwei untersten Brust- und der zwei obersten Lendenwirbel und zieht über die Streckmuskeln des Rückens hinweg schräg aufwärts zu den vier untersten Rippen. Wirkung: Herabziehen der genannten Rippen und damit des ganzen Brustkorbes.

b) **Der vierseitige Lendenmuskel** (M. quadratus lumborum) verläuft zwischen der 12. Rippe und dem hinteren Teile des Darmbeinkammes und ist medial auch an den Querfortsätzen der Lendenwirbel angeheftet. Er liegt unmittelbar vor dem vierseitigen Lendenband und hat die gleiche Gestalt wie dieses. (Abb. 82.) Wirkung: 1. Herabziehen der 12. Rippe und damit Senken des ganzen Brustkorbes, einseitig wie doppelseitig. 2. Bei festgestelltem Brustkorb Heranziehen der hinteren Beckenseite an den Brustkorb und umgekehrt. Das geschieht namentlich beim Stehen auf einem Bein. Der rechte vierseitige Lendenmuskel wird beim Stehen auf dem rechten Bein die rechte Seite des Brustkorbes an das Becken heranziehen helfen, während andere Muskeln den Rumpf gegen die Schwerkraft gerade gerichtet halten. Gleichzeitig hilft der linke vierseitige Lendenmuskel die linke Seite des Beckens an den Brustkorb heranziehen, so daß das ganze Becken wagerecht stehen bleibt. Der Einfluß des vierseitigen Lendenmuskels beschränkt sich dabei natürlich mehr auf die hinteren Teile des Beckens, während die gleiche Arbeit seitlich und vorn von den Bauchmuskeln geleistet wird.

c) **Die Bauchmuskeln.** Der gerade Bauchmuskel vermag den Brustkorb am ener-

gischsten nach unten zu ziehen. Jedoch helfen dabei auch die übrigen Bauchmuskeln, wie das Seite 82—84 näher beschrieben wird.

4. Die übrigen Muskeln zur Bewegung von Kopf und Hals.

A. Die Seitwärtsbeugung von Kopf und Hals.

Die Seitwärtsbeugung des Kopfes erfolgt durch Muskeln, die wir bereits kennen gelernt haben. Der seitliche gerade Kopfmuskel ist der eigentliche Seitwärtsbeuger des Kopfes. Sonst können die kurzen tiefen Nackenmuskeln und der vordere gerade Kopfmuskel, sowie der Bauschmuskel des Kopfes und der Kopfnicker der gleichen Seite bei gleichzeitiger Zusammenziehung den Kopf seitwärts beugen. Auch der oberste Teil des langen Rückenstreckers und der Kopfhalter werden an ihrem Teile mitwirken, doch tritt bei ihnen die Drehwirkung in den Vordergrund. Kopfkreisen erfolgt durch wechselndes Zusammenziehen der verschiedenen in Betracht kommenden Muskeln.

Der Seitwärtsbeugung des Halses dienen die drei Rippenhalter, auch können der Bauschmuskel des Halses und der lange Halsmuskel, schließlich der Kappenmuskel (s. S. 136) und der Schulterblattheber (s. S. 136) dazu beitragen.

B. Die übrigen seitlichen Halsmuskeln.

Von den soeben erwähnten seitlichen Halsmuskeln ist nur der Kopfhalter zu besprechen, außerdem der noch nicht genannte Hautmuskel des Halses.

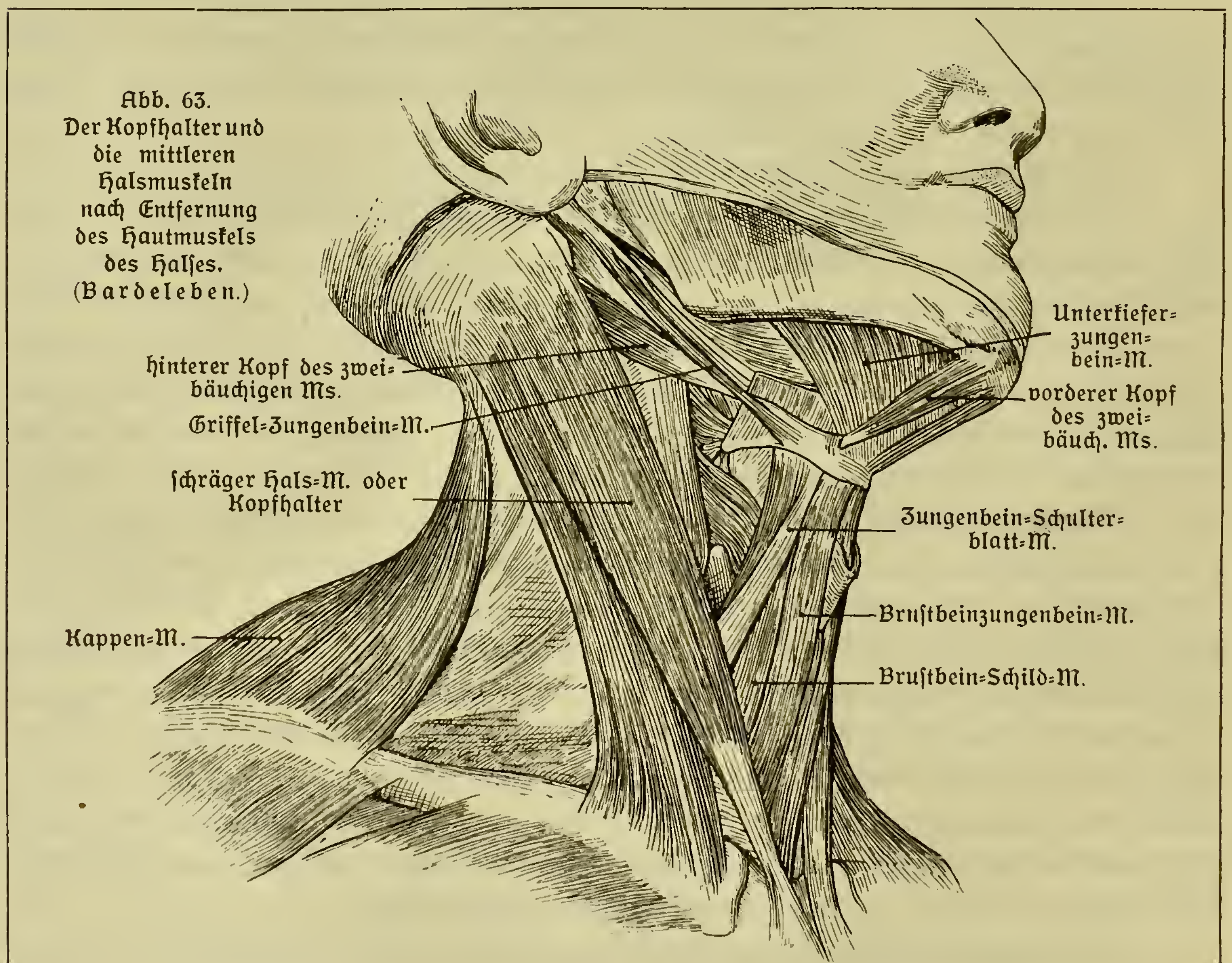


Abb. 63. Der Kopfhalter und die mittleren Halsmuskeln nach Entfernung des Hautmuskels des Halses. (Bardeleben.)

a) **Der Kopfhalter** oder der schräge Halsmuskel (M. sternocleidomastoideus) entspringt von der oberen Seite des Brustbeins und dem medialen Ende des Schlüsselbeins und verläuft schräg über die Seitenfläche des Halses zum Warzenfortsatz und der oberen Nackenlinie des Schädels. Er kreuzt dabei die bisher besprochenen tiefer liegenden seitlichen Halsmuskeln in schräger Richtung. Der Kopfhalter ist der kräftigste Halsmuskel; man kann ihn deutlich durch die Haut hindurch fühlen und zwischen zwei Finger fassen. Wirkung: Der Kopfhalter wurde früher Kopfnicker genannt. Er kann aber auf die Nickbewegung nicht den geringsten Einfluß haben, da sein Ansatz hinter den Gelenkfortsätzen des Kopfes liegt. Daher könnte er bei doppelseitiger Zusammenziehung viel eher den vorgebeugten Kopf heben und weiter rückwärts beugen. Die Bedeutung des Kopfhalters besteht wohl im wesentlichen darin, den zum Vornübersinken neigenden Kopf durch leichtes Zusammenziehen dauernd auf der Wirbelsäule zu balancieren, „den Kopf zu halten". (Abb. 63.)

Bei einseitiger Zusammenziehung dreht er den Kopf nach der entgegengesetzten Seite mit gleichzeitiger Beugung nach der gleichen Seite, so daß das Kinn nach der anderen Seite schräg aufwärts vorwärts zeigt.

b) **Der Hautmuskel des Halses** (Platysma myoideus) ist ein dünner, hautartiger Muskel, der die ganze Seitenfläche und einen Teil der Vorderfläche des Halses und damit die tiefen Halsmuskeln bedeckt. (Abb. 64.) Er liegt unmittelbar unter der Haut, entspringt vom Rande des Unterkiefers und verläuft einerseits nach oben, wo er sich bald in der Haut der Wangen verliert, andererseits nach unten über das Schlüsselbein hinweg bis in die Gegend der 2. Rippe, wo er ebenfalls allmählich in der Haut endet. Er ist also mit keinem Knochen außer dem Unterkiefer verbunden. Seine Fasern ziehen schräg von hinten unten nach vorn oben und sind auch während ihres ganzen Verlaufs vielfach mit der Haut verwachsen. Wirkung: Der Muskel vermag die Haut des Halses zu spannen und in zuckende Bewegung zu setzen. Diese zuckende Bewegung der Haut dient bei Tieren, namentlich bei Pferden, zur Abwehr von Insekten. Sie haben zu dem Zwecke am gesamten Körper derartige Hautmuskelfasern, während der Hautmuskel des Halses und, wenn man will, die oberflächlichen Kopfmuskeln die einzigen willkürlichen Hautmuskeln des Menschen sind.

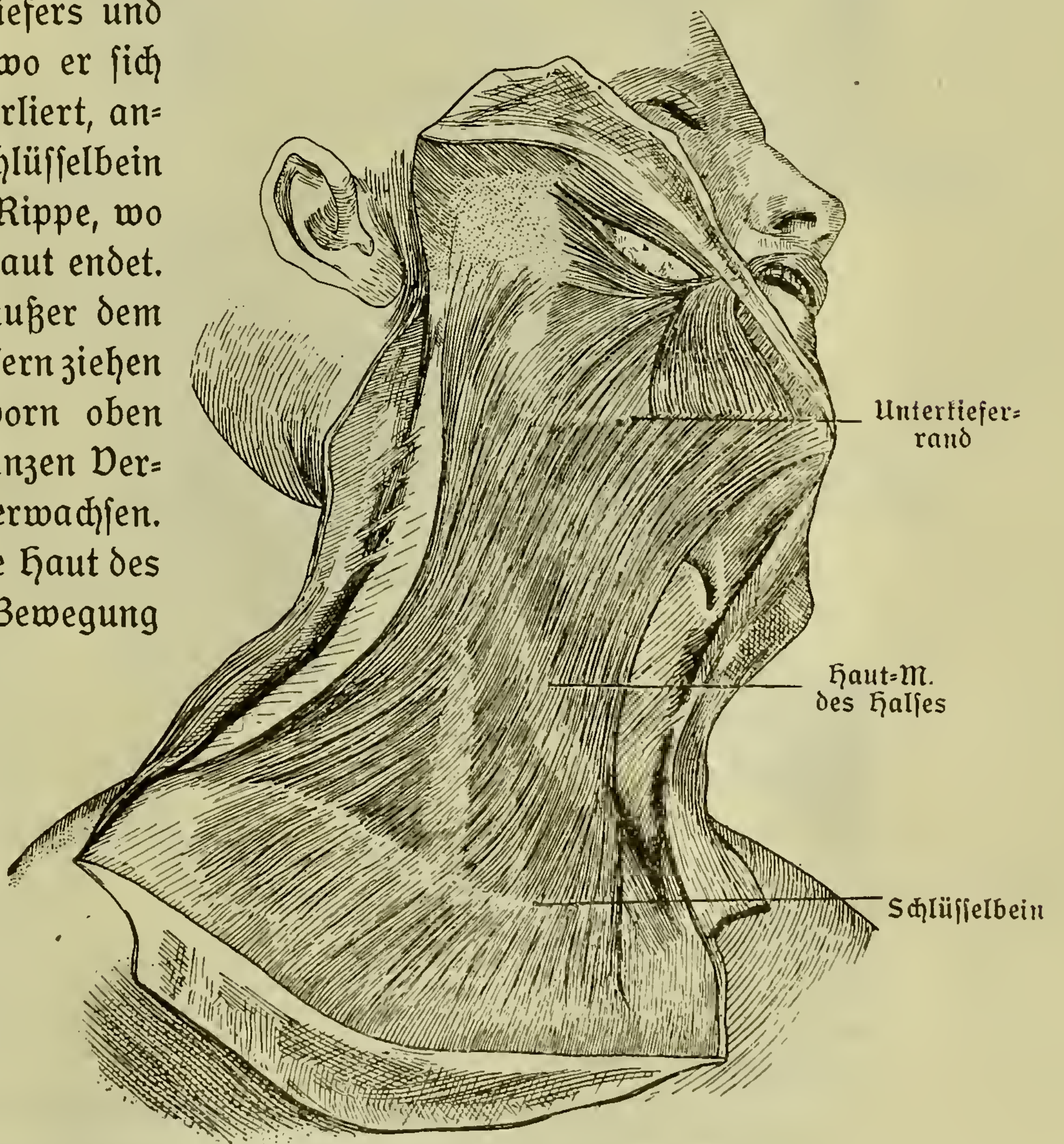


Abb. 64. Der Hautmuskel des Halses. (Bardeleben)

C. Die mittleren Halsmuskeln.

Die mittleren Halsmuskeln liegen in der Mitte der Vorderseite des Halses vor dem Kehlkopf und der Luftröhre und bilden mit die Vorderwand des Halses. Es können hier nur die allerwichtigsten Muskeln dieser Gruppe genannt werden.

a) **Der Brustbeinzungenbeinmuskel** verläuft zwischen dem oberen Rand des Brustbeins und dem Zungenbein. Seine tiefere Schicht setzt dabei an dem am Zungenbein aufgehängten Kehlkopf an. Wirkung: Abwärtsziehen des Zungenbeins und des Kehlkopfes, während beide durch den

b) **Unterkieferzungenbeinmuskel** zum Schlucken aufwärts gezogen werden. Die beiderseitigen Unterkieferzungenbeinmuskeln verlaufen flächenartig vom Körper des Zungenbeins nach dem hufeisenförmigen Körper des Unterkiefers und bilden so den beweglichen Boden der Mundhöhle. Wirkung: 1. Im Verein mit einigen anderen Muskeln, die nicht besprochen werden sollen, Heraufziehen des Zungenbeins und des Kehlkopfes beim Schlucken, um für den Bissen einen geraden Weg vom Mund zur Speiseröhre herzustellen und den Kehlkopf durch den Kehldeckel zu schließen. 2. Mit einigen anderen Muskeln Herabziehen des Unterkiefers und damit Öffnen des Mundes. (Abb. 63.)

5. Die Kopfmuskeln.

Man kann die Kopfmuskeln einteilen in

A. Die tiefen Kopfmuskeln oder Kaumuskeln.

B. die oberflächlichen Kopfmuskeln.

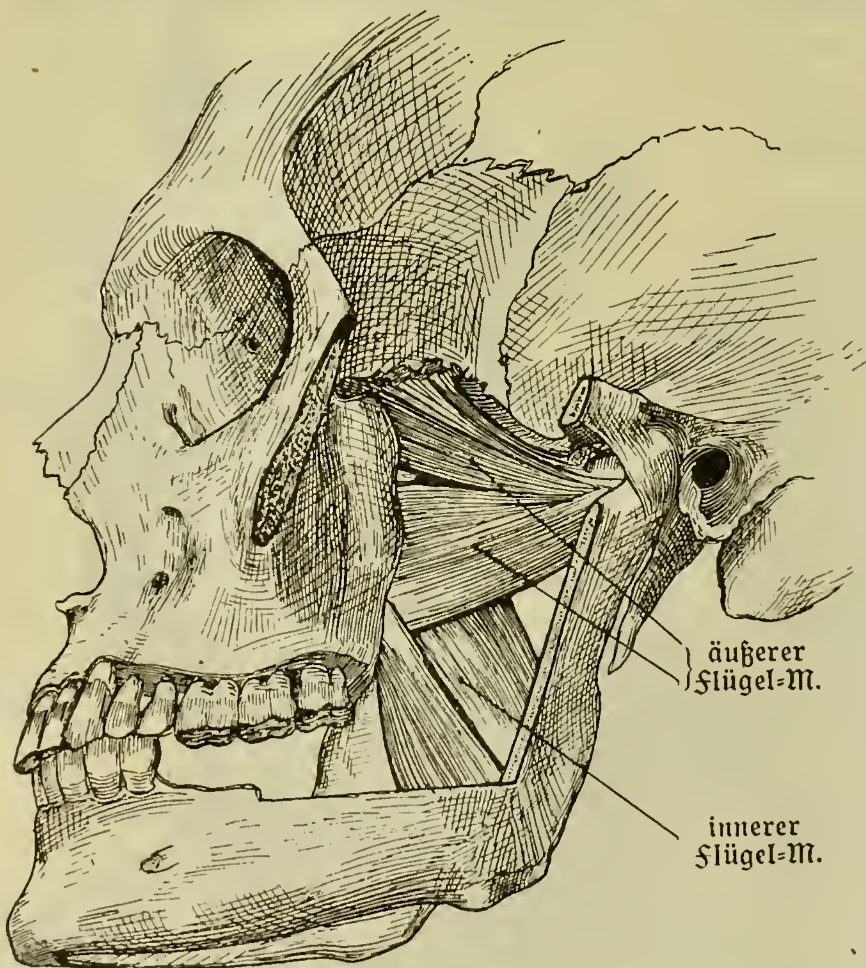


Abb. 65. Der äußere und der innere Flügelmuskel, durch Abtragung des Jochbogens und des vorderen Teiles des Unterkieferastes freigelegt. 1/2 nat. Größe. (Bardeleben.)

A. Die tiefen Kopfmuskeln, die Kaumuskeln.

Das Kauen besteht aus einer Entfernung des Unterkiefers vom Oberkiefer mit darauffolgender Annäherung und energischem Gegenpressen. Die Entfernung des Unterkiefers erfordert wenig Kraft und wird von den mittleren Halsmuskeln besorgt. Bei weiter Öffnung des Mundes muß der Gelenkkopf des Unterkiefers, wie das auf Seite 41 beschrieben ist, aus seiner Gelenkpfanne heraus nach vorn gezogen werden. Diese Wirkung hat

a) der natürlich paarige **äußere Flügelmuskel** (M. pterygoideus externus). Er entspringt von der lateralen Seite des Flügelfortsatzes des Keilbeins, zieht nach hin-

ten und setzt am Gelenkfortsatz des Unterkiefers dicht unterhalb des Gelenkkopfes an. Seine obengenannte Wirkung ergibt sich aus dem Verlauf von selbst. Er zieht natürlich außerdem bei der mahlenden Bewegung des Kauens immer die eine Unterkieferseite nach vorn. (Abb. 65.)

Die Annäherung und das energische Gegenpressen des Unterkiefers wird durch die drei übrigen Kaumuskeln besorgt.

b) **Der innere Flügelmuskel** (M. pterygoideus internus) entspringt von der medialen Seite des Flügelfortsatzes des Keilbeins und setzt an der Innenfläche des Unterkiefers in der Umgebung des Kieferwinkels an. Die Form des Muskels entspricht einem Rechteck. (Abb. 65.) Wirkung: Kräftige Annäherung und Gegenpressen des Unterkiefers gegen den Oberkiefer.

Beide bisher genannten Kaumuskeln liegen in der Unterschläfengrube.

c) **Der Schläfenmuskel** (M. temporalis) ist ebenfalls flach, entspringt von der Schläfenfläche des Schädels und setzt am Krohnenfortsatz des Unterkiefers an. Der Muskel füllt im wesentlichen die Schläfengrube aus. (Abb. 66.) Wirkung: Ebenfalls kräftige Annäherung und Gegenpressen des Unterkiefers gegen den Oberkiefer.

d) **Der äußere Kaumuskel** (M. masseter) hat Rechteckform wie der innere Flügelmuskel, entspringt vom Jochbogen und setzt an der Außenfläche des Unterkiefers in der Umgebung des Kieferwinkels an (genau gegenüber dem inneren Flügelmuskel. Abb. 66). Die Wirkung ist die gleiche wie bei den beiden vorigen Muskeln.

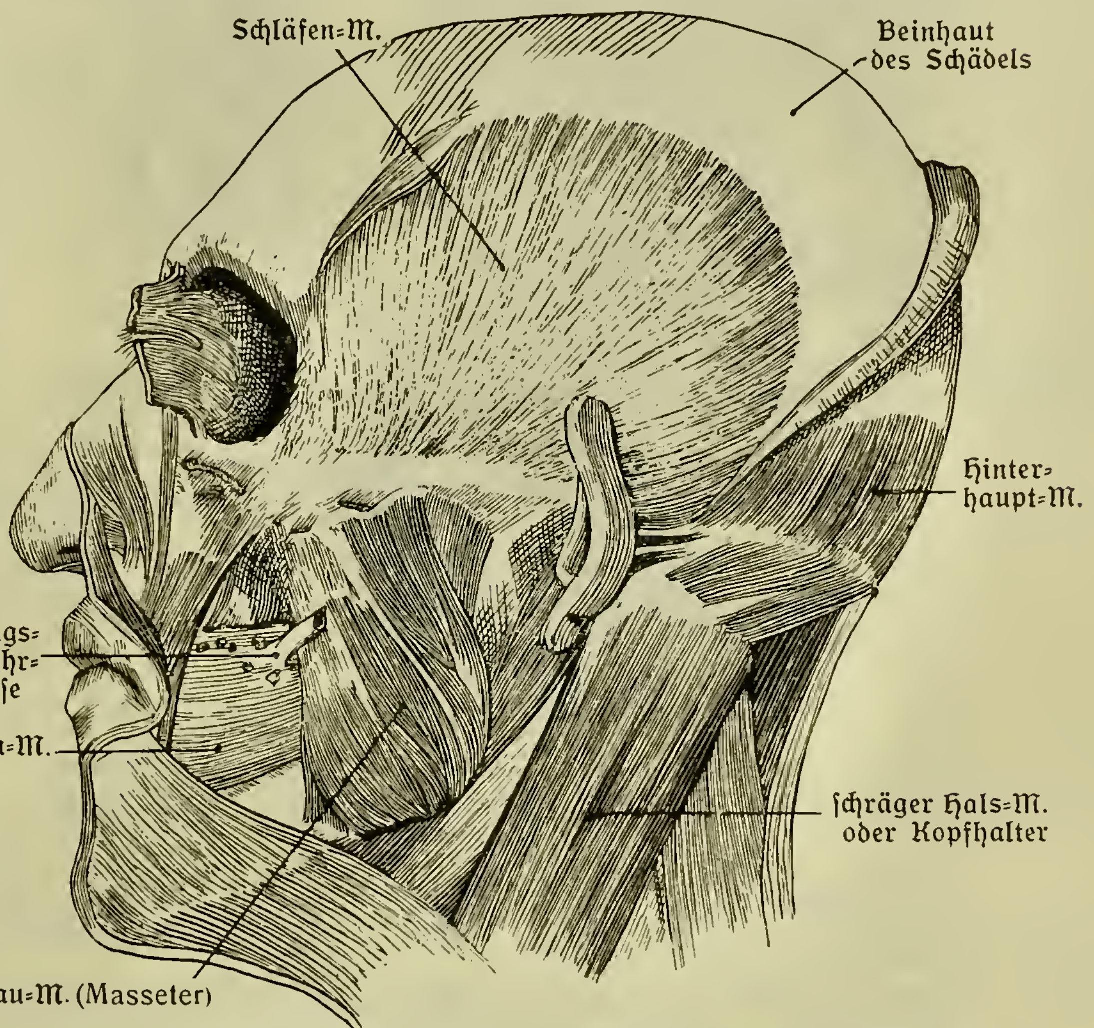


Abb. 66. Der äußere Kaumuskel (M. masseter). (Bardeleben.)

B. Die oberflächlichen Kopfmuskeln.

a) **Die Muskeln des Schädeldaches:** Man kann die Muskeln des Schädeldaches als einen Muskel betrachten, der seine Sehne in der Mitte hat. Die Sehne ist

die Kopfschwarte,

die der Oberfläche des Schädelgewölbes wie eine weiche Reisemütze genau angepaßt ist. Die Kopfschwarte ist mit der Kopfhaut fest verwachsen, so daß sich letztere mitbewegen muß, wenn die Kopfschwarte bewegt wird. Die Kopfschwarte kann nach vorn

durch den Stirnmuskel und nach hinten durch den Hinterhauptmuskel bewegt und durch gleichzeitige Wirkung beider Muskeln fester an das Schädeldach angepreßt werden. Beide Muskeln sind paarig. Der Stirnmuskel entspringt dicht über dem oberen Augenhöhlenrand, der Hinterhauptmuskel an der oberen Nackenlinie. Beide strahlen nach oben zu in die Kopfschwarte aus. Der Stirnmuskel kann die Stirn in Querfalten legen, einige querverlaufende Fasern die Haut zwischen den Augen in Längsfalten. An den Ohren findet man die vorderen, oberen und hinteren Ohrmuskeln, die die Ohrmuschel vorwärts, aufwärts und rückwärts bewegen können. Alle genannten Muskeln sind beim Menschen meist schwach entwickelt.

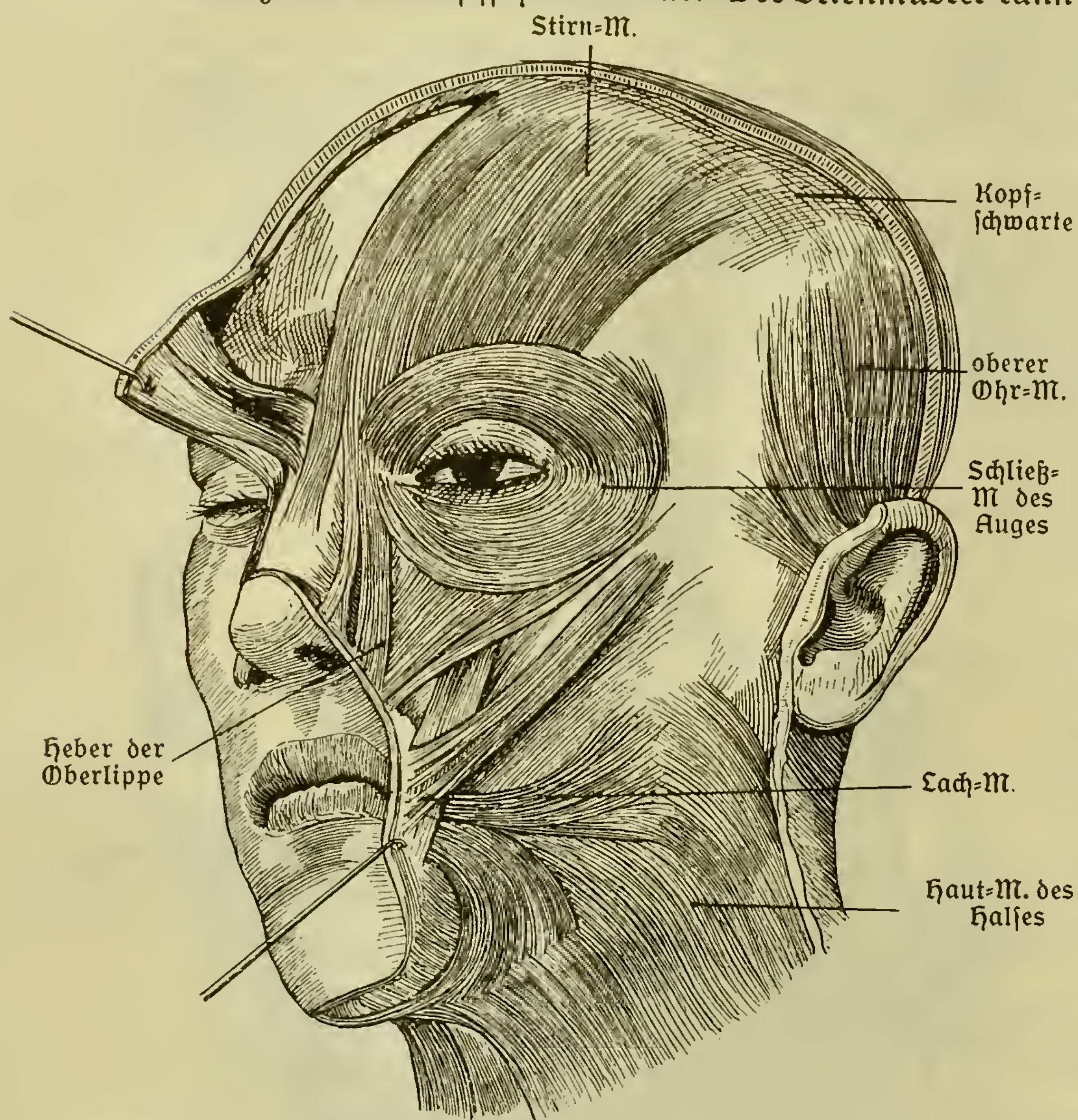


Abb. 67. Oberflächliche Gesichtsmuskeln: Die Muskeln des Mundes, der Augenlider, der Nase, der Stirn, der Ohrmuschel. $^{3}/_{8}$ nat. Größe. (Bardeleben.)

b) **Die Gesichtsmuskeln** (Abb. 67). Der Schließmuskel des Auges ist an einen Sehnenstreif am inneren Augenwinkel befestigt und läuft als Ringmuskel um die Lidspalte herum. Ein ganz ähnlicher Ringmuskel ist der Schließmuskel des Mundes, der die wulstige Fleischlage der Lippen bildet. An ihm endigen eine große Anzahl Muskeln, die an den Gesichtsknochen entspringen, von oben, unten oder von der Seite her kommen und die Mundwinkel nach allen Richtungen ziehen können. Diese Muskeln bewirken die verschiedenen Grade der Mundöffnung und vermitteln das Mienenspiel. Wir kennen das breite Lachen, das traurige Herabziehen der Mundwinkel, das spöttische Kräuseln der Oberlippe mit tiefer stehenden Mundwinkeln. Andere Muskeln endigen in den Nasenflügeln oder an den Augenwinkeln, können sie heben oder senken und so ebenfalls zum Mienenspiel beitragen. Dabei entstehen in der Gesichtshaut vorübergehend Falten, die sich ebenso wie die Stirnfalten dauernd eingraben können. Gemütsstimmungen, die sich häufig wiederholen, hinterlassen daher ihre Spuren und verleihen dem Gesicht einen bestimmten Charakter. In höherem Alter mehren sich die dauernden Falten des Gesichts, die auch bei Abmagerung, z. B. nach schwerer Krankheit, sichtbar werden, um freilich zum Teil wieder zu verschwinden.

6. Die Bauchmuskeln.

Die Wände der Leibeshöhle sind nur in ihrem untersten und obersten Teil durch Becken und Brustkorb knöchern vorgebildet. Der dazwischen liegende Bauchabschnitt wird knöchern nur hinten von der Lendenwirbelsäule und ganz unten seitlich von den oberen Teilen der Darmbeinschaufeln begrenzt. Im übrigen müssen Weichteile die Wandungen des Bauchabschnittes der Leibeshöhle bilden. Wir lernten die Weichteile, die den größten Teil der Hinterwandung zu beiden Seiten der Wirbelsäule ausmachen, bereits fast sämtlich kennen. Es sind 1. der vierseitige Lendenmuskel, 2. dahinter das vierseitige Lendenband, 3. der Kreuzlendenmuskel. Dahinter liegt 4. der untere Teil des breiten Rückenmuskels, der uns noch unbekannt ist und auf Seite 140 beschrieben wird.

Die Bauchmuskeln haben die Aufgabe,

1. den Rest der Hinterwand, sowie die Seitenwände und die Vorderwand des Bauchteiles der Leibeshöhle zu bilden,

2. den Brustkorb bei angestrengter Ausatmung herabzuziehen,

3. an Stelle der fehlenden besonderen Muskeln die Wirbelsäule und den Rumpf vorwärts und seitwärts zu beugen,

4. die Drehung des Rumpfes ganz ausgiebig zu unterstützen,

5. im Verein mit dem Zwerchfell die Bauchatmung auszuführen und bei der Stuhlentleerung, dem Geburtsakt und anderem mehr mitzuwirken.

Die Bauchmuskeln sind

A. die Bauchmuskeln im engeren Sinne, die man als

B. die Bauchpresse zusammenfaßt.

C. Das Zwerchfell. Da das Zwerchfell die Scheidewand von Brusthöhle und Bauchhöhle bildet, könnte es mit gleichem Recht zu den Muskeln des Brustkorbes gerechnet werden. Wir teilen es wegen der beiderseitigen Arbeitsgemeinschaft den Bauchmuskeln zu. Im Anschluß sollen

D. die Muskeln des Dammes, die den Boden der Beckenhöhle (Bauchhöhle) bilden, behandelt werden.

A. Die Bauchmuskeln im engeren Sinne.

Man kann diese einteilen in a) die breiten, flächenförmigen Bauchmuskeln, b) den spindelförmigen Bauchmuskel. (Der gerade Bauchmuskel.)

a) Die breiten Bauchmuskeln

sind α) der quere Bauchmuskel, β) der innere schräge oder fächerförmige Bauchmuskel, γ) der äußere schräge Bauchmuskel. (Abb. 68 u. 69.)

Die breiten Bauchmuskeln entspringen hinten von dem vierseitigen Lendenband, oben von den sechs unteren Rippen, und zwar der quere Bauchmuskel von der Innenfläche, der innere schräge Bauchmuskel von dem unteren Rande, der äußere schräge Bauchmuskel von der Außenfläche des Brustkorbes. Unten sind sie an dem Darmbeinkamm und dem Poupartschen Bande befestigt, vorn gehen sie in breite Sehnen (Aponeurosen) über, die in der Mittellinie miteinander verbunden und mit den Aponeurosen der breiten Bauchmuskeln der anderen Seite zu einem sehnigen Streifen, der weißen Linie (linea alba), verwachsen sind. Die weiße Linie reicht demnach vom

Brustbein bis zur Schoßfuge und wird nur durch den Nabel unterbrochen. Die Aponeurosen beginnen an ihrer breitesten Stelle, jederseits etwa 7—8 cm seitlich von der weißen Linie. Sie sind dort, am Übergang der Muskeln in die Sehnen, ebenfalls miteinander verwachsen, weichen dann aber auseinander und bilden eine jederseits neben der weißen Linie von unten nach oben verlaufende Scheide für den geraden Bauchmuskel. Die Sehne des queren Bauchmuskels bildet die Hinterwand, die des äußeren schrägen Bauchmuskels die Vorderwand dieser Scheide, während sich die Sehne des inneren schrägen Bauchmuskels in zwei Lagen teilt, von denen die eine zur Hinterwand, die andere zur Vorderwand der Scheide tritt und mit ihr verwächst. Die breiten Bauchmuskeln verhalten sich im einzelnen folgendermaßen:

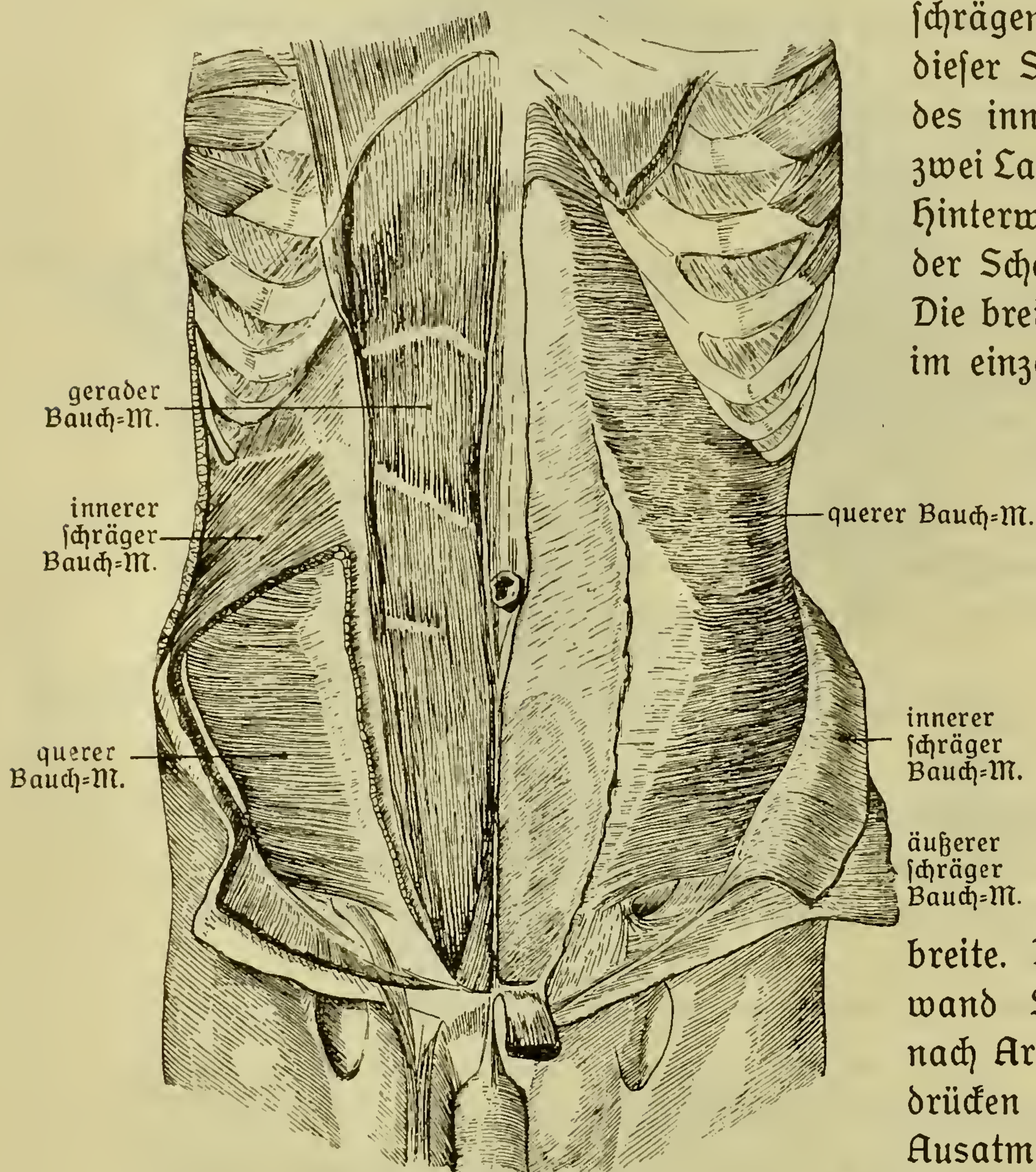


Abb. 68. Die Bauchmuskeln. Der gerade Bauchmuskel ist rechts freigelegt, links entfernt, der äußere schräge Muskel ist fast vollständig entfernt. Aus dem inneren schrägen Muskel ist rechts ein großes Stück herausgeschnitten, links ist er durchschnitten und der untere Teil nach unten geklappt, der obere Teil entfernt. Der quere Muskel ist so links vollständig dargestellt. $^1/_5$ nat. Größe. (Bardeleben.)

α) Der quere Bauchmuskel (M. transversus abdominis) liegt an der Innenseite der Bauchwand. Seine Fasern verlaufen in wagerechter Richtung rings um die Bauchwand herum. Man kann den queren Bauchmuskel mit einer Bauchbinde vergleichen, vorn breit zur Stütze für die Baucheingeweide, hinten von Gurtbreite. Wirkung: 1. Als Teil der Bauchwand Stützung der Baucheingeweide, nach Art einer Bauchbinde. 2. Zurückdrücken der Baucheingeweide bei der Ausatmung, bei der Stuhlentleerung und anderem mehr. 3. Zurückdrücken der Baucheingeweide bei Vorwärtsbeugen des Rumpfes oder umgekehrt beim Beugen der Beine mit Becken gegen den Rumpf. Dabei zieht er hauptsächlich die Scheide des geraden Bauchmuskels nach hinten und hilft so beim Vorwärtsbeugen des Rumpfes und Heben des vorderen Beckenrandes mit (s. bei geradem Bauchmuskel).

β) Der innere schräge oder fächerförmige Bauchmuskel (M. obliquus abdominis internus) liegt über dem queren Bauchmuskel. Die oberen zwei Drittel seiner Fasern laufen von hinten unten nach vorn oben, genau wie die inneren Zwischenrippenmuskeln. Am vorderen Drittel des Darmbeinkamms wenden sie sich aber allmählich wagerecht, um schließlich vom vorderen oberen Darmbeinstachel aus nach vorn abwärts zu

streben. Die Fasern laufen also fächerförmig auseinander, die mehr seitlich hinten gelegenen Fasern bekommen dabei steilere Richtung. Wirkung: 1. Die Wirkung auf den Bauchinhalt ist ähnlich wie beim vorigen Muskel. 2. Herunterziehen der Seitenteile des Brustkorbes durch die oberen zwei Drittel des Muskels bei angestrengter Ausatmung und Mithilfe bei Vorwärtsbeugen des Rumpfes, und umgekehrt Heben der Seitenteile des Beckens. 3. Bei einseitiger Zusammenziehung der oberen zwei Drittel des Muskels Seitwärtsbeugen des Rumpfes und gleichzeitiges Drehen nach der gleichnamigen Seite, beides vermittels des Brustkorbes.

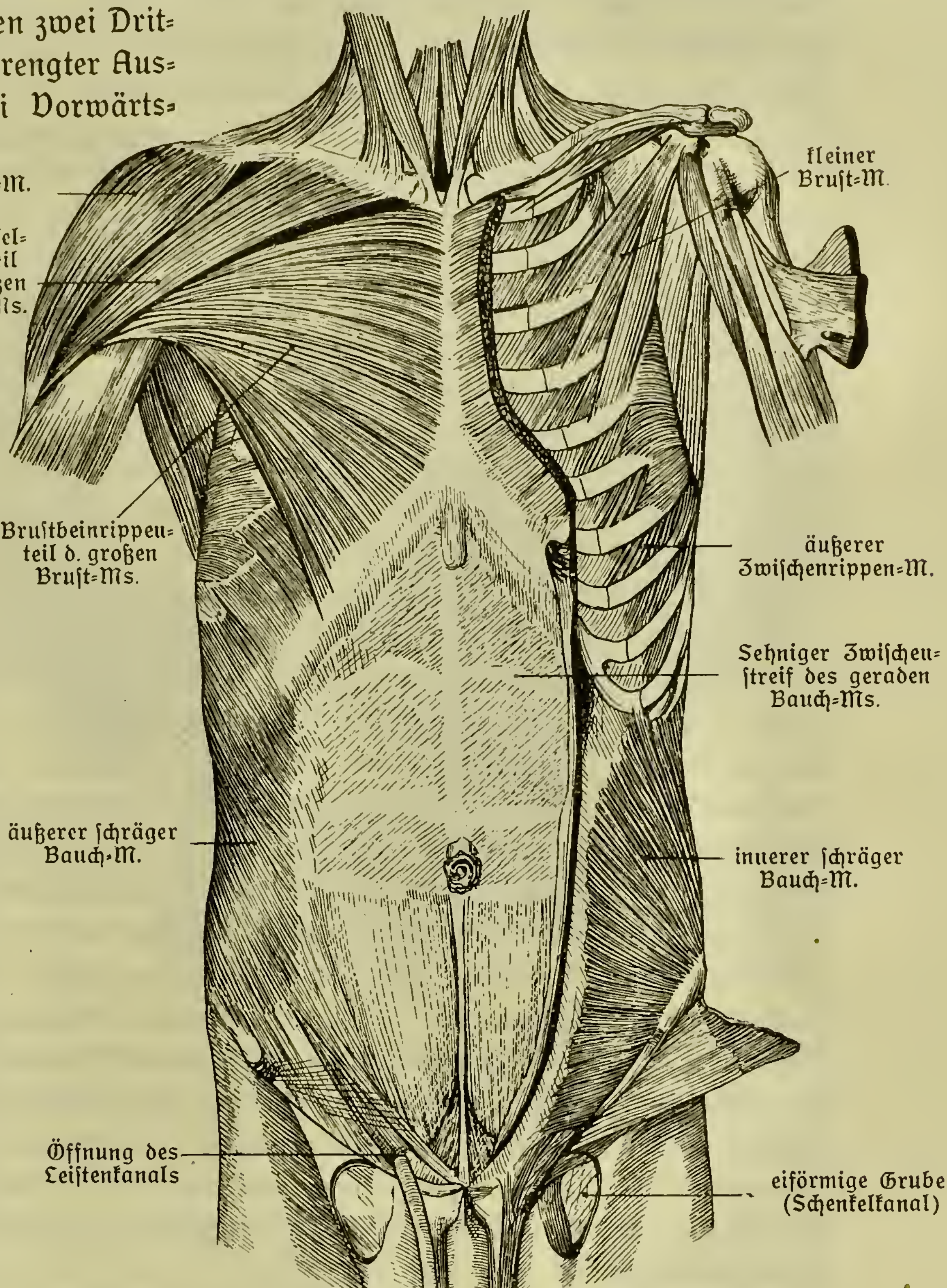


Abb. 69. Die Brust- und Bauchmuskeln; auf der rechten Seite ist die oberflächliche, auf der linken die 2. Schicht dargestellt. Äußere Öffnung des Leistenkanals und des Schenkelkanals (eiförmige Grube des Oberschenkels). $^1/_6$ nat. Größe. (Bardeleben.)

γ) Der äußere schräge Bauchmuskel (M. obliquus abdominis externus) bildet die äußerste Schicht der breiten Bauchmuskeln. Seine Fasern verlaufen von hinten oben nach vorn unten, wie die äußeren Zwischenrippenmuskeln. Wirkung: 1. Gleichfalls Stützen und Zurückdrängen des Bauchinhaltes. Dabei kann die seitwärts drängende Wirkung des Bauchinhaltes auf die unteren Brustkorbteile durch Zug nach vorn abwärts verhindert werden. 2. Herabziehen besonders der seitlichen Teile des Brustkorbes bei angestrengter Ausatmung und Vorwärtsbeugen des Rumpfes, und umgekehrt Heben der entsprechenden Teile des Beckens. 3. Bei einseitiger Zusammenziehung vermittels des festgestellten Brustkorbes Seitwärtsbeugen des Rumpfes und gleichzeitiges Drehen nach der entgegengesetzten Seite.

b) **Der gerade Bauchmuskel** (M. rectus abdominis)

verläuft in seiner Scheide von oben nach unten. Oben setzt er am unteren Brustkorbrand, und zwar den Knorpeln der 5.—7. Rippe, sowie am Schwertfortsatz an, unten am Schoßbeinkamm zwischen Schoßfuge und Schoßbeinhöcker. In sein Fleisch sind meist drei quere sehnige Zwischenstreifen eingelagert, die bei der ausgiebigen Zusammenziehung des Muskels von Bedeutung sind. (Abb. 68 u. 69.) Wirkung: 1. Verstärkung der vorderen Bauchwand und daher Mitwirkung beim Stützen der Baucheingeweide. 2. Bei angestrengter Ausatmung Herabziehen des Brustkorbes. 3. Vermittels des Brustkorbes Vorwärtsbeugen der Wirbelsäule und damit des Rumpfes. 4. Bei festgestelltem Oberkörper Annäherung der vorderen Seite des Beckens an den unteren Brustkorbrand, wie das beim Vorwärtsheben beider Beine geschieht.

Eine Beugung der Wirbelsäule und damit des Rumpfes nach vorwärts, seitwärts und allen dazwischen liegenden Richtungen, sowie Rumpfkreisen ist nunmehr durch gemeinsame und abwechselnde Wirkung des geraden, des äußeren und inneren schrägen Bauchmuskels, sowie entsprechender Muskeln der Wirbelsäule möglich.

Das Vorwärtsbeugen des Rumpfes bzw. Heben des vorderen Beckenrandes kommt aber nicht so einfach zustande, wie es auf den ersten Blick erscheinen könnte. Die vorderen oberen bzw. vorderen Fasern des inneren und äußeren schrägen Bauchmuskels unterstützen die Bewegung natürlich unmittelbar. Außerdem wirkt, wie schon angedeutet wurde, der quere Bauchmuskel dabei mittelbar mit. Die beiden Ansatzpunkte des geraden Bauchmuskels werden nämlich bei ergiebiger Ausführung der Bewegung fortschreitend einander so nahegebracht und damit der Muskel selbst so sehr verkürzt, daß seine Kraft zu weiterer Fortsetzung der Bewegung nicht mehr ausreichen würde. Der gerade Bauchmuskel wird nun von den breiten Bauchmuskeln fortschreitend nach hinten gezogen, so daß er seine Ansatzstellen nicht mehr auf dem kürzesten Wege, geradlinig, sondern in einem nach hinten konvexen Bogen verbindet. Damit wird das Maß seiner Verkürzung und der fortschreitenden Abnahme seiner Kräfte beschränkt. Die breiten Bauchmuskeln erfüllen diese Aufgabe durch Vermittelung der sehnigen Scheide, die namentlich durch die Zusammenziehung des queren Bauchmuskels nach hinten gezogen wird und den geraden Bauchmuskel mitnimmt. So beteiligen sich sämtliche Bauchmuskeln am Vorwärtsbeugen des Rumpfes. Die sehnigen Zwischenstreifen des geraden Bauchmuskels entsprechen den Falten, die dabei in der vorderen Bauchwand entstehen.

Damit sind die vier ersten Aufgaben der Bauchmuskeln im engeren Sinne besprochen.

B. Die Bauchpresse.

Die Bauchmuskeln müssen bei gleichzeitiger Zusammenziehung einen allseitigen, kräftigen Druck auf den Bauchinhalt ausüben. Sie werden daher in ihrer Gesamtheit unter dem Namen „die Bauchpresse“ zusammengefaßt. Die gemeinsame Tätigkeit der Bauchpresse mit dem Zwerchfell erfüllt die 5. Aufgabe der Bauchmuskeln. Die Wirkungen dieser Arbeitsgemeinschaft sollen in einem besonderen Abschnitt besprochen werden.

C. Das Zwerchfell.

Das Zwerchfell (Diaphragma) bildet die Scheidewand zwischen Brusthöhle und Bauchhöhle. Dabei gestattet es außer einigen Nerven und kleinen Blutgefäßen 1. der Speiseröhre und 2. der großen Körperschlagader den Durchtritt von der Brusthöhle zur Bauchhöhle, ferner 3. der unteren Hohlvene den Durchtritt in umgekehrter Richtung. (Abb. 70.)

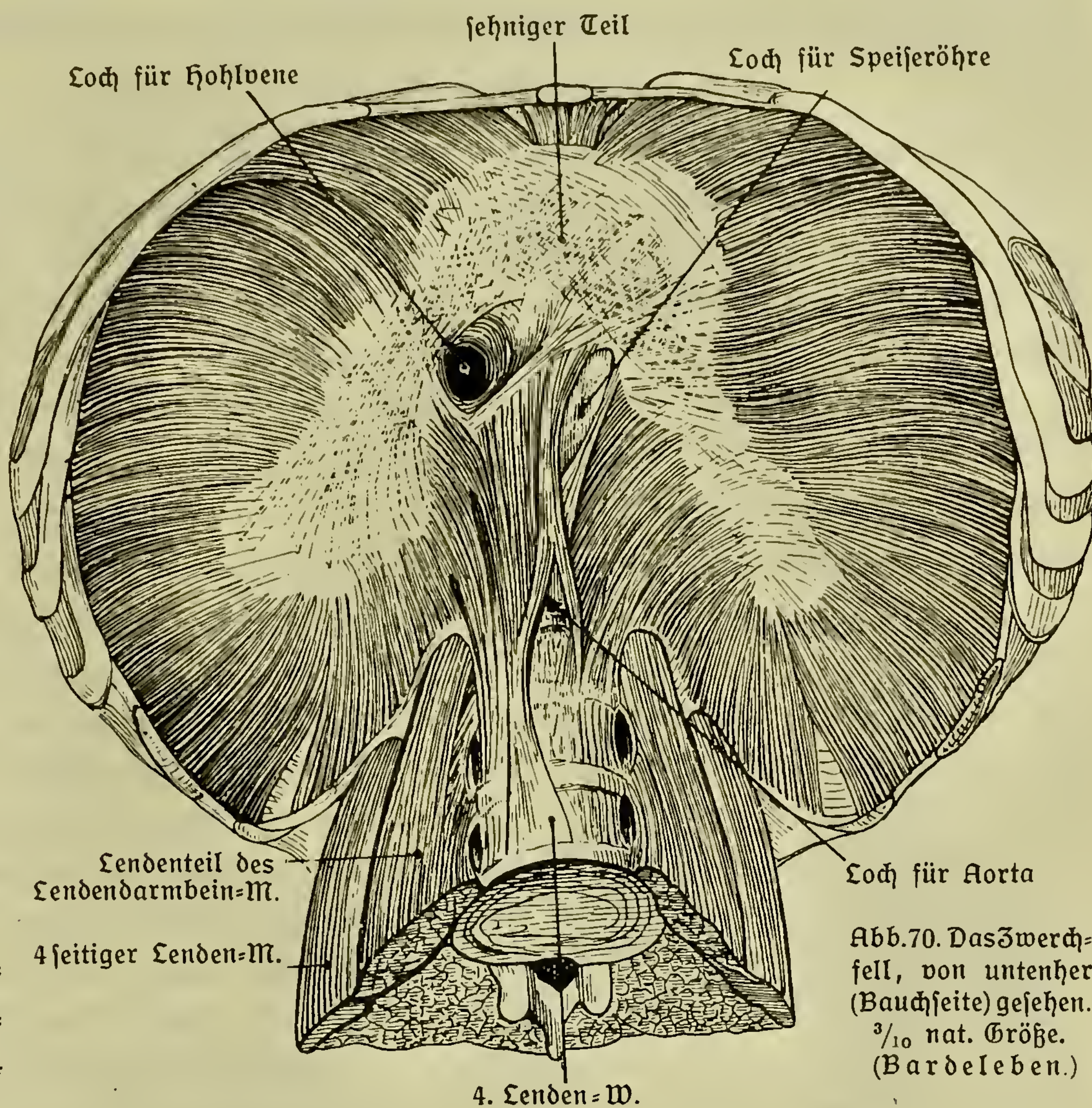


Abb. 70. Das Zwerchfell, von untenher (Bauchseite) gesehen. $^3/_{10}$ nat. Größe. (Bardeleben.)

Die Fläche des Zwerchfelles hat, wie der Querdurchschnitt der Brusthöhle, etwa die Form einer Bohne, die mit dem Einschnitt nach hinten gelegen ist. Die Mitte des Zwerchfells wird von einer halbmondförmigen sehnigen Haut gebildet, von deren Rand Muskelfasern strahlenförmig peripher abwärts verlaufen und sich rings an der inneren Körperwand ansetzen. Das Zwerchfell ist dementsprechend nach unten konkav, nach oben kuppelförmig gewölbt. Die Kuppel ist ungleichmäßig, rechts höher als links und durch eine sagittal verlaufende Einziehung in zwei Kuppeln, die rechte höhere und die linke niedrigere geteilt. Die rechte Kuppel wölbt sich über der Leber, die linke deckt die Milz, die Einziehung wird durch das daraufgelagerte Herz eingenommen.

Die Muskelfasern entspringen hinten von den Körpern des 2.—4. Lendenwirbels, an der Seite von der 12.—7. Rippe und vorn an der Hinterfläche der Scheide des geraden Bauchmuskels oder dem Schwertfortsatz. Die von den Lendenwirbeln kommenden Fasern sind in vier Bündel angeordnet. Die beiden mittleren Bündel ziehen etwas nach links hinüber und kreuzen sich in Form einer 8, so daß sie etwas links von der Mittellinie zwei Öffnungen bilden, die hintere für die Aorta, die vordere, schon im Sehnenteil gelegene, für die Speiseröhre. Das Loch für die untere Hohlvene liegt mehr rechts von der Mittellinie im sehnigen Teil des Zwerchfelles unmittelbar an seinem hinteren konkaven Rande. Wirkung: Die Kuppel des Zwerchfelles muß durch Zusammenziehung der Muskelfasern nach unten treten, wie sich aus deren Anheftung und Faserrichtung von selbst ergibt. Es handelt sich

also um eine aktive Tätigkeit des Zwerchfelles, das dabei einen Druck von oben auf den Bauchinhalt ausübt. Das Zwerchfell kann nach Erschlaffung seiner Muskelfasern nicht von selbst in seine frühere Lage zurückkehren, muß vielmehr durch fremde Kräfte zurückgebracht werden. Es handelt sich also dabei für das Zwerchfell um einen rein passiven Vorgang. Diese einfache, einzig mögliche Bewegung des Zwerchfelles hat den Hauptanteil an den wichtigsten Lebenstätigkeiten des Menschen.

D. Die Muskeln des Dammes.

Die Muskeln des Dammes bilden den muskulösen Boden der Beckenhöhle und verlaufen in mehreren Schichten in querer Richtung in der Ebene des Beckenausganges. Dieser muskulöse Beckenboden hat zwei Öffnungen, die eine für den After, die andere für die Ausführungswege der Geschlechtsorgane. Beide Öffnungen sind durch ringförmige Schließmuskeln umgeben. Es ist überflüssig, die einzelnen Muskeln des Dammes aufzuzählen.

Wirkung: Die Wirkung der Schließmuskeln ergibt sich aus dem Namen. Der muskulöse Beckenboden hilft den Beckeninhalt tragen und verhindert sein Hinausdrängen aus dem Beckenausgang.

E. Gemeinsame Wirkungen des Zwerchfelles und der Bauchpresse.

a) **Die Zwerchfellatmung oder Bauchatmung.** Das Zusammenziehen und Heruntertreten des Zwerchfelles vergrößert den Längsdurchmesser der Brusthöhle und damit die Brusthöhle selbst. (Abb. 71.) Die Luft kann einströmen und die Lungen bis zur Größe des erweiterten Brustraumes dehnen, mit anderen Worten, es erfolgt die Einatmung. Die Baucheingeweide pflanzen den Druck des Zwerchfelles auf die erschlafften Bauchmuskeln fort und wölben die Bauchwand vor. Nach einer bestimmten Zeit erschlafft das Zwerchfell. Nun zieht sich die Bauchpresse zusammen und übt ihrerseits einen Druck auf die Baucheingeweide aus, den diese nach oben fortpflanzen und so das Zwerchfell wieder in die Höhe drängen. Der Längsdurchmesser des Brustkorbes und damit der Brustraum wird verkleinert, die Ausatmung erfolgt. Die Bauchatmung besteht also in einem wechselseitigen Zusammenziehen und Erschlaffen des Zwerchfelles und der Bauchpresse. Bei ruhiger Atmung genügt meist schon die Elastizität der gedehnten Bauchdecken, um das Zwerchfell in der beschriebenen Art wieder in die Höhe zu drängen. Der Druck des Zwerchfelles auf die Baucheingeweide bei der Einatmung pflanzt sich freilich nach allen Seiten fort. Aber hinten verhindert die Wirbelsäule, unten die Enge des Beckeneinganges und schließlich die

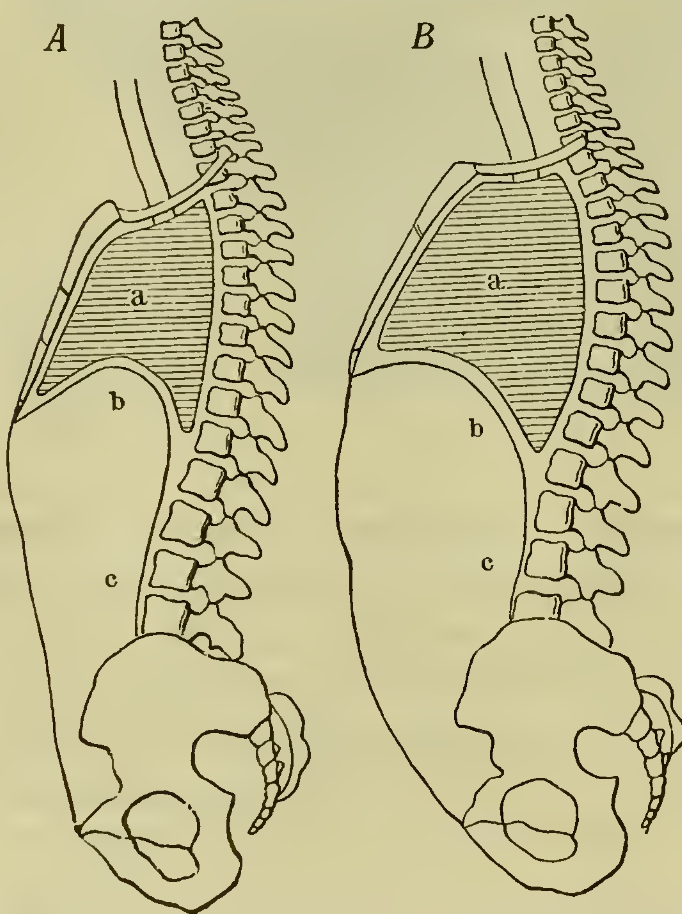


Abb. 71. *A* Ausatmungsstellung. *B* Einatmungsstellung des Brustraumes. *a* Brustraum. *b* Zwerchfell. *c* Bauchraum. (Nach Ranke.)

Muskeln des Dammes am Beckenausgang ein Ausweichen der Baucheingeweide. Sie müssen daher, wie das geschildert wurde, nach vorn und seitlich ausweichen und die Bauchwand vorwölben. Die Fortpflanzung des Druckes erfolgt bei der Ausatmung in umgekehrter Richtung.

b) **Die Entleerung des Darmes.** Die Atmung kam durch wechselseitiges Zusammenziehen und Erschlaffen des Zwerchfelles und der Bauchpresse zustande, die Entleerung des Darmes durch deren gleichzeitiges Zusammenziehen. Dadurch entsteht ein gleichzeitiger Druck auf den Bauchinhalt von oben, von vorn und von den Seiten. Wenn nun die Muskeln des Dammes erschlaffen, muß der Bauchinhalt bzw. der Darminhalt nach unten ausweichen und entleert werden.

c) **Sonstige gemeinsame Wirkungen.** Das Austreiben des Kindes bei der Geburt wird durch gleichzeitiges Zusammenziehen von Zwerchfell und Bauchpresse unterstützt.

Ebenso wirken Zwerchfell und Bauchpresse gemeinsam beim Erbrechen, ferner durch stoßweises Zusammenziehen beim Husten, Aufschlucken oder Räuspern, wie das alles nach den bisherigen Auseinandersetzungen unschwer zu erklären ist.

Die Massage der Baucheingeweide und damit Bekämpfung der Darmträgheit oder Verstopfung ist als mittelbare gemeinsame Wirkung von Zwerchfell und Bauchpresse anzusehen.

d) **Übung des Zwerchfelles und der Bauchpresse.** Zwerchfell und Bauchpresse sollen bei ihrer Wichtigkeit eifrig geübt und gekräftigt werden. Alle Übungen, die tiefe Atmung erfordern, müssen das Zwerchfell kräftigen. Leibesübungen zur Kräftigung der Bauchpresse sollen nur aufgezählt werden. Die Art der Wirkung ergibt sich bei einigem Nachdenken von selbst. Solche Übungen sind 1. Freiübungen, wie alle Arten des Rumpfdrehens, Rumpfbeugens, Spannbeuge, der Sägemann, Aufrichten aus wagerechter Lage ohne Gebrauch der Hände, Liegestütz vorlings und seitlings. 2. Ähnliche Übungen an den Schwebestangen. 3. Alle Schwungübungen an Reck, Ringen, Barren oder Rundlauf, die verschiedenen Arten von Aufschwung und Aufzug am Reck, Klettern am Tau. 4. Die meisten volkstümlichen Übungen, wie Werfen, Springen, Stabspringen, Hürdenlauf. 5. Die ausgedehnten Kraftübungen. Schließlich 6. Fechten, Schwimmen und namentlich Rudern mit seinem Hin- und Herschwingen. Die Aufzählung der Übungen kann noch vielfach vervollständigt werden. Korrekte Ausführung aller Übungen ist natürlich Vorbedingung für ihre günstige Wirkung.

F. Unterleibsbrüche.

a) Leistenbrüche.

Folgende anatomische Bemerkungen über die breiten Bauchmuskeln sind zum Verständnis der Leistenbrüche noch nachzutragen. (Abb. 68 u. 69.) Die von hinten oben nach vorn unten verlaufenden Fasern der Aponeurose des äußeren schrägen Bauchmuskels weichen in der vorderen unteren Ecke, also unmittelbar lateral vom Schoßbeinhöcker, etwas auseinander. Sie bilden so einen dreieckigen Spalt, dessen untere schmale Seite vom Poupartschen Bande, dessen beide lange Seiten von den verstärkten, auseinandergewichenen Fasern der Aponeurose gebildet werden. Dieser Spalt wird dadurch zu einem Kanal umgebildet, daß der innere schräge und der quere Bauchmuskel die

ganze dreieckige Spitze des Spaltes an der Innenfläche völlig bedecken. Sie lassen dabei zwischen dem unteren Rande ihrer Aponeurose und dem Poupartschen Bande nur eine kleine Lücke, und zwar an der Stelle der Basis des dreieckigen Spaltes, aber etwas lateral gerückt, so daß der entstehende Kanal, der Leistenkanal, die Bauchwand schräg durchbohrt. Durch diesen Kanal tritt beim Mann der Samenstrang aus dem Bauchinnern heraus unter die äußere Haut. Der übrige Raum innerhalb des Kanals ist mit lockerem Bindegewebe verschlossen. Der Kanal ist auch bei der Frau vorhanden, aber meist sehr eng, da keinerlei Gebilde durch ihn hindurchtreten.

Der Leistenkanal ist nach der Bauchhöhle zu vom Bauchfell verschlossen. Ein Leistenbruch entsteht nun dadurch, daß Bauchinhalt, meist Darmschlingen, durch den Leistenkanal hindurch unter die äußere Haut treten. Dabei durchbohren sie das Bauchfell nicht, sondern stülpen es vor sich her mit durch den Leistenkanal hindurch, so daß der Bruch unter der Haut noch vom Bauchfell, dem sogenannten „Bruchsack", überkleidet ist.

Man muß bei der Entstehung der Leistenbrüche Bruchanlage und Gelegenheitsursache unterscheiden. Die Bruchanlage besteht in abnormer Weite des Leistenkanals. Als Gelegenheitsursache kommt häufige starke Anstrengung der Bauchpresse in Frage, wobei der Leistenkanal durch den an den Ansatzstellen der Bauchmuskeln entstehenden Zug mechanisch erweitert und der Bauchinhalt durch den entstehenden Druck in den Leistenkanal hineingepreßt wird.

Die Bruchanlage kann angeboren sein und kommt dann bei kräftigen und schwächlichen Menschen vor. Sie kann aber auch erworben werden. Das geschieht in seltenen Fällen durch Verletzungen, meist auf Grund der schon Seite 52 bei den Rückgratsverkrümmungen beschriebenen schwächlichen Konstitution durch allmähliche Dehnung der Aponeurosen der Bauchmuskeln. Da bei diesen Schwächlingen natürlich auch das Bindegewebe im Leistenkanal neben dem Samenstrang wenig widerstandsfähig, das Gekröse zur Befestigung der Därme und das Bauchfell wenig straff sind, so sind alle Vorbedingungen zum allmählichen Durchtritt von Bauchinhalt durch den Leistenkanal gegeben.

Öfters treten Brüche auch durch einmalige plötzliche Anstrengung unter großen Schmerzen hervor. Die plötzliche Anstrengung ist dann selbstverständlich nur Gelegenheitsursache bei vorhandener, aber dem Träger unbekannter Bruchanlage. Es ist gar nicht so selten, daß junge, kräftige Leute wegen starker Bruchanlage, von der sie nichts wußten, militärfrei werden. Das plötzliche Hervortreten eines Bruches ist aber auch bei vorhandener Bruchanlage nur scheinbar, denn das Bauchfell wird nicht so plötzlich gedehnt, um als Bruchsack mit hindurchgestülpt werden zu können. Die Dehnung geschieht vielmehr durch häufigen allmählichen Druck, was bei kräftigen Menschen natürlich länger dauert als bei konstitutionellen Schwächlingen. Danach kann allerdings eine plötzliche, starke Anstrengung Darmschlingen mit ihrem bereits vorgebildeten Bruchsack durch den weiten Leistenkanal hindurchpressen. Die eigentliche Bildung der Leistenbrüche erfolgt also stets allmählich.

Leistenbruchanlage und damit Leistenbrüche werden bei Frauen nur selten vorkommen, da der Leistenkanal bei ihnen nur angedeutet ist.

b) Schenkelbrüche.

Der Schenkelbruch tritt im Gegensatz zum Leistenbruch unter dem Poupartschen Bande durch die Gefäßlücke aus der Bauchhöhle heraus. (Abb. 68 u. 69.) Die Gefäßlücke ist nur unvollständig durch die Blutgefäße ausgefüllt und im übrigen durch lockeres Bindegewebe verschlossen. Der Schenkelbruch besteht wie der Leistenbruch aus Darmschlingen mit Bauchfell als Bruchsack und wird an der Innenseite des Oberschenkels dicht unterhalb der Leistenbeuge unter der äußeren Haut sichtbar.

Die Bruchanlage der Schenkelbrüche besteht außer in abnormer Größe des Schenkelkanals in Schlaffheit des Bindegewebes im Schenkelkanal und Schlaffheit des Bauchfelles und des Gekröses. Konstitutionelle Schwächlinge werden daher mehr zu Schenkelbrüchen als kräftige Menschen neigen, Frauen wegen häufiger Dehnung und Zerrung des Bauchfelles und der Bauchdecken mehr als Männer.

c) Allgemeines über Unterleibsbrüche.

Die Gelegenheitsursachen sind bei Schenkelbrüchen die gleichen wie bei Leistenbrüchen. Sie werden aber bei vorhandener Anlage leichter Leistenbrüche als Schenkelbrüche hervorrufen, da der durch Anstrengung der Bauchpresse erzeugte Druck frei auf den Leistenkanal wirken kann, am Schenkelkanal aber durch den Schoßbeinkamm zum Teil abgefangen wird. So ist es denn auch erklärlich, daß nach Wernher Leistenbrüche etwa siebenmal so häufig sind als Schenkelbrüche. Da sich nach Malgagne unter etwa 25 Menschen ein Bruchkranker befindet, würde auf etwa 175 Menschen ein Mensch mit Schenkelbruch entfallen. Dabei ist nochmals darauf hinzuweisen, daß Frauen sehr selten (nach einer Erhebung unter 120 Leistenbrüchen eine Frau) an Leistenbrüchen, Männer sehr selten an Schenkelbrüchen leiden. Daraus ergibt sich weiter, daß die Bruchleiden überhaupt viel häufiger bei Männern als bei Frauen vorkommen.

Außer Leisten- und Schenkelbrüchen gibt es noch Nabelbrüche, die noch viel seltener sind. Sie kommen bei Säuglingen, wo sie meist wieder verheilen, ferner bei älteren Frauen vor. Wir brauchen sie ebensowenig wie die noch selteneren Lendenbrüche zu besprechen.

Bei Verdacht auf Unterleibsbruch ist der Arzt zu Rate zu ziehen, der über den Betrieb von Leibesübungen zu entscheiden hat. Im allgemeinen läßt sich sagen, daß bei gut sitzendem Bruchband kein Grund zum Verbot von Leibesübungen vorhanden ist, dürfen doch bruchkranke Einjährige mit ihrer Einwilligung beim Militär eingestellt werden. Nur sollen Bruchkranke alle Leibesübungen vermeiden, die eine besondere Anstrengung und Dehnung der Bauchpresse erfordern, oder die mit dem Akt der Pressung einhergehen, wie ausgedehnte Kraftübungen, Ringen, Gewichtstemmen. Auch ist mit weitem, hohem und tiefem Springen Vorsicht geboten.

Anhang: **Andere wichtige Krankheitszustände in der Bauchhöhle.**

Weibliche Personen von schwächlicher Konstitution müssen bei Leibesübungen, die einen starken Druck in der Bauchhöhle hervorrufen oder mit Erschütterungen verbunden sind, besonders vorsichtig sein. Die Bänder ihrer Unterleibsorgane sind ebenfalls schlaff und können durch derartige Übungen gezerrt und gedehnt werden und dann ein Herabsinken der Unterleibsorgane mit seinen schädlichen Folgen zulassen. Die Körperübungen

schwächlicher weiblicher Personen müssen daher besonders sachgemäß und folgerichtig betrieben werden, um in Verbindung mit guter Ernährung, genügendem Schlaf und gesunder Wohnung zuerst die allgemeine Schwäche und damit die Schwäche der Bindegewebe und Bänder zu beheben. Dabei sollte stets der auf dem Gebiete der Leibesübungen bewanderte Arzt ein Wort mitzusprechen haben.

Schließlich sei kurz auf die Blinddarmentzündung hingewiesen. Sie äußert sich in Schmerzen in der rechten unteren Bauchgegend, die oft gar nicht sehr stark sind. Häufig auftretende geringe Schmerzen sind verdächtig. Bei Verdacht auf Blinddarmentzündung ist der Arzt zu Rate zu ziehen, da durch Leibesübungen eine tödliche Verschlimmerung hervorgerufen werden kann.

Zweites Kapitel.
Die unteren Gliedmaßen.

Die unteren Gliedmaßen dienen dem Stamm des Körpers als bewegliches Stativ.

Das Becken wurde aus praktischen Gründen, die Seite 28 auseinandergesetzt sind, zum Rumpf gerechnet. Die unteren Gliedmaßen bestehen demnach aus 1. dem Oberschenkel, 2. dem Unterschenkel und 3. dem Fuß.

Erster Abschnitt.
Knochen, Gelenke und Bänder der unteren Gliedmaßen.
1. Die Knochen der unteren Gliedmaßen.
A. Das Oberschenkelbein.

Das Oberschenkelbein (femur) ist der stärkste Röhrenknochen des menschlichen Körpers. (Abb. 72.) Es besteht wie jeder Röhrenknochen aus dem Schaft und den beiden Endstücken. Das obere Endstück ist gegen den Schaft medialwärts abgebogen und trägt an seinem äußersten Ende den Schenkelkopf, der etwa zwei Drittel einer Kugel von 5—6 cm Durchmesser ausmacht. Er ist überknorpelt und bildet mit der Hüftgelenkpfanne des Beckens das Hüftgelenk. In der Mitte der Knorpelfläche befindet sich eine kleine Grube, die dem „runden Bande" zum Ansatz dient. Der Schenkelkopf ist mit dem Schaft durch den von vorn nach hinten abgeplatteten Schenkelhals verbunden, der seinerseits mit dem Schaft einen stumpfen Winkel von etwa 120° bildet. Dieser Winkel ist bei Frauen kleiner und nähert sich mehr dem rechten Winkel. Daher stehen die beiden Oberschenkelbeine bei der Frau oben weiter auseinander als beim Manne. Am Scheitel des Winkels zwischen Schenkelhals und Schaft befindet sich der große Rollhügel, der stark verdickt ist und erheblich über den oberen Rand des Halses nach oben ragt. Seine mediale Fläche trägt dort die kleine Rollhügelgrube. Der überragende Teil des großen Rollhügels, an dem die kleinen Hüftmuskeln und der kleine und mittlere Gesäßmuskel ansetzen, hat in der Seitenansicht Viereckform, so daß man einen vorderen, oberen und hinteren Rand unterscheiden kann. Gerade im Winkel zwischen Schenkelhals und Schaft, aber schon mehr nach hinten gelegen, springt der kleine Rollhügel hervor, der dem wichtigen Oberschenkelbeuger zum Ansatz dient. Er ist an der Hinterseite des Oberschenkels durch die hintere Rollhügellinie, eine walzenförmige Erhabenheit,

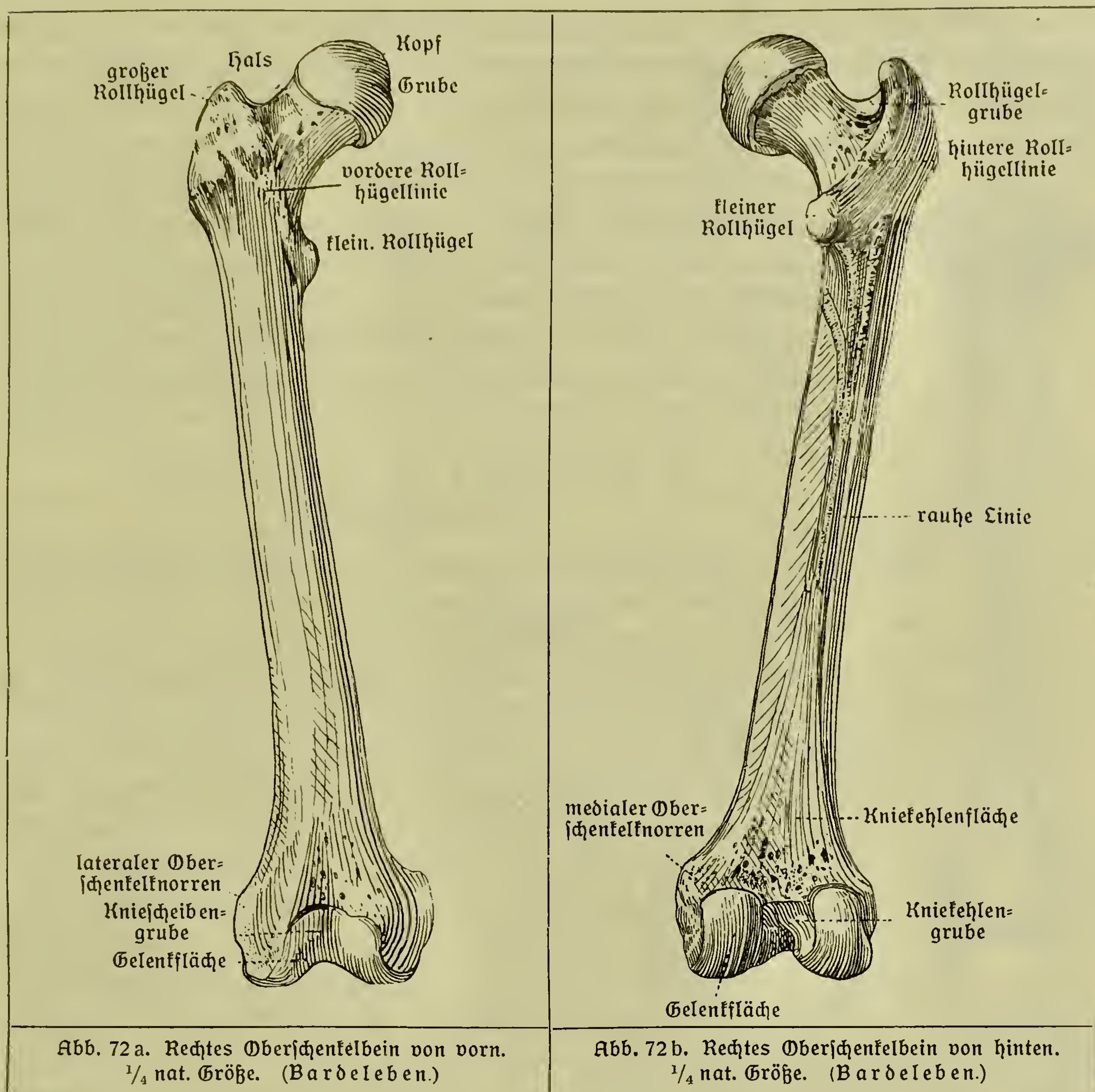


Abb. 72 a. Rechtes Oberschenkelbein von vorn. $1/4$ nat. Größe. (Bardeleben.)

Abb. 72 b. Rechtes Oberschenkelbein von hinten. $1/4$ nat. Größe. (Bardeleben.)

und an der Vorderseite des Oberschenkels durch die vordere Rollhügellinie mit dem großen Rollhügel verbunden. Die hintere Rollhügellinie geht fortlaufend in den hinteren Rand des großen Rollhügels über.

Der Schaft hat in seinem mittleren Teil drei Kanten, von denen eine genau nach hinten zeigt, die beiden anderen vorn seitlich liegen. Die beiden vorderen Kanten sind völlig abgerundet, die hintere Kante springt als „rauhe Linie" scharf hervor. Der Schaft verbreitert sich nach oben und namentlich nach unten zu. Die rauhe Linie teilt sich dementsprechend oben und unten in je zwei Schenkel. Die oberen Schenkel laufen in die beiden Rollhügel aus, die unteren gehen in die Seitenteile der Oberschenkelknorren über. Der Schaft ist leicht nach vorn konvex gebogen.

Das untere Endstück trägt zwei starke Anschwellungen, den größeren medialen und den kleineren lateralen Oberschenkelknorren, die hinten durch die mehrere Zentimeter tiefe und breite Kniekehlengrube getrennt sind. Die Oberschenkelknorren sind an ihrer Rückseite und unteren Seite überknorpelt. Die Überknorpelung beider Knorren

vereinigt sich vorn an der Vorderseite des unteren Endstückes und gewinnt dadurch die Form eines Hufeisens, das vorn und hinten nach oben abgebogen ist. Die Überknorpelung dient als Gelenkfläche für das Kniegelenk. Ihr vorderes Verbindungsstück zeigt eine seichte, längsgestellte Einsattelung, die Kniescheibengrube, in der die Kniescheibe wie zwischen zwei Schienen beim Strecken und Beugen des Kniegelenkes herauf- und heruntergleitet. Die Gelenkfläche der Knorren ist infolge der hinteren Abbiegung hinten stark, unten ganz schwach gewölbt. Die Oberschenkelknorren sind an der Seite und an der Kniekehlengrube rauh, zum Ansatz für Bänder des Kniegelenkes. Man kann sowohl den großen Rollhügel als die Oberschenkelknorren durch die Haut durchfühlen.



Abb. 73. Rechtes Schienbein von vorn. ²/₉ nat. Größe (Bardeleben.)

B. Die Knochen des Unterschenkels.

a) **Das Schienbein.**

Das Schienbein (tibia) ist der eigentliche Stützknochen des Unterschenkels und nächst dem Oberschenkel der stärkste Röhrenknochen des menschlichen Körpers. (Abb. 73.) Es besteht aus dem Schaft und den beiden Endstücken. Das obere Endstück ist stark verbreitert, wie das Kapitäl einer Säule. Ein sagittaler Einschnitt, der sich auch noch an dem vorderen und hinteren Rand abzeichnet, teilt die obere Fläche des Endstückes in zwei Hälften und deutet gleichzeitig eine Trennung in die beiden Schienbeinknorren an, die somit zwei völlig getrennte, überknorpelte obere Flächen zur Gelenkverbindung mit dem Oberschenkelbein besitzen. Diese Gelenkflächen sind nur seicht ausgehöhlt und entsprechen daher nur wenig dem stark gekrümmten hinteren Teil der hufeisenförmigen Gelenkfläche des Oberschenkelbeins. Die Schienbeinknorren sind an ihren seitlichen Flächen rauh, zum Ansatz von Muskeln und Bändern. An der Außenseite des lateralen Schienbeinknorrens befindet sich hinten eine kleine überknorpelte Gelenkfläche zur festen Verbindung mit dem Köpfchen des Wadenbeins.

An der Vorderseite des Schienbeins liegt der Schienbeinhöcker am Übergang zwischen Schaft und oberem Endstück. Er dient dem unteren Kniescheibenband, der Fortsetzung der Sehne des vierköpfigen Unterschenkelstreckers, zum Ansatz. Der Schaft ist eine dreikantige Säule, dessen schärfste Kante nach vorn liegt und als Schienbeinkamm oder Schienbeinkante bezeichnet wird. Sie ist ebenso wie die mediale Fläche des Schienbeins der ganzen Länge nach unter der Haut fühlbar.

Das untere Endstück ist ebenfalls nach allen Seiten verbreitert und zeigt an der medialen Seite einen die untere Fläche nach unten überragenden, vierseitigen Fortsatz, den inneren Knöchel. Die untere Fläche des unteren Endstückes und die laterale Fläche des inneren Knöchels sind überknorpelt und beteiligen sich an der Bildung des Fußgelenkes. An der lateralen Seite des unteren Endstückes des Schienbeines befindet sich ein senkrechter, überknorpelter Einschnitt zur Aufnahme des Wadenbeines.

b) Das Wadenbein.

Das Wadenbein (fibula) ist ein schlanker Röhrenknochen mit Schaft und zwei Endstücken, der dem Schienbein als Nebenknochen angelagert ist. Es ist ebenso lang wie das Schienbein, aber $1^1/_2$ cm weiter nach abwärts gerückt. (Abb. 74 u. 78.) Das obere Endstück, das Wadenbeinköpfchen, legt sich an die erwähnte Gelenkfläche an der hinteren Ecke des lateralen Schienbeinknorrens an. Der Schaft ist schlank, teilweise vierkantig, teilweise dreikantig oder rund. Das untere Endstück paßt in den erwähnten Einschnitt an der lateralen Seite des unteren Endstückes des Schienbeins hinein und wird als äußerer Knöchel bezeichnet. Der äußere Knöchel ist größer als der innere Knöchel und muß entsprechend der tieferen Lage des Wadenbeins weiter nach unten reichen. Er ist an seiner medialen Fläche überknorpelt und vervollständigt so die gemeinsame untere Gelenkfläche der beiden Unterschenkelknochen, die wie eine Gabel das Sprungbein umgreifen. Der Ansatz so vieler Muskeln am Unterschenkel wird nur durch das Hinzukommen des Wadenbeins ermöglicht.



Abb. 74. Rechtes Wadenbein von außen. $^2/_9$ nat. Gr. (Bardeleben.)

c) Die Kniescheibe.

Die Kniescheibe (patella) entspricht dem Ellenbogenfortsatz der Elle und dient wie dieser der Strecksehne zum Ansatz. Sie hat aber den unmittelbaren Zusammenhang mit dem Schienbein verloren, ist beweglich geworden und nur durch ein starkes Band, die Fortsetzung der Streckſehne des Unterschenkels, mit dem Schienbein verbunden. (Abb. 77.)

Die Kniescheibe hat die Form eines Dreieckes mit abgestumpften Ecken, dessen Spitze nach unten, dessen Basis nach oben liegt. Die vordere Fläche ist erhaben und rauh. Die hintere Fläche zeigt eine senkrechte, nicht ganz in der Mitte verlaufende Kante, die ihr die Form eines flachen Giebeldaches verleiht. Sie ist überknorpelt zur Verbindung mit dem Kniegelenk, dessen vordere verschiebbare Wand die Kniescheibe bildet. Die Kante paßt beim Hin- und Hergleiten der Kniescheibe in den seichten Einschnitt an der Vorderseite der Gelenkfläche des Oberschenkels wie in eine Leitschiene hinein.

C. Die Knochen des Fußes.

Der Fuß besteht aus a) den Fußwurzelknochen, b) den Mittelfußknochen und c) den Zehenknochen. (Abb. 75.)

a) Die Fußwurzelknochen.

Die Fußwurzel bildet die hintere Hälfte des Fußes und besteht aus sieben kurzen, dicken Knochen, den Fußwurzelknochen, die in zwei Gruppen geordnet sind. Die hintere Gruppe besteht aus dem Sprungbein und dem darunter liegenden Fersenbein. Jedoch liegt eigentlich nur der hintere Teil des Sprungbeines über dem Fersenbein, während sich sein vorderer Teil schräg nach unten medial neigt. Daher liegt auch die vordere Gelenkfläche des Sprungbeines nicht über der vorderen Gelenkfläche des Fersenbeines, sondern medial oben daneben. Die zweite Gruppe der Fußwurzelknochen liegt vor dem Sprungbein und Fersenbein, und zwar das Kahnbein mit den drei Keilbeinen medial

und etwas höher vor dem Sprungbein, das Würfelbein lateral und etwas tiefer vor dem Fersenbein. Der Abfall von den medialen Fußwurzelknochen zu den lateralen erfolgt nicht stufenweise, sondern in einem zwischen den beiden Fußrändern quergewölbten Bogen, der durch die Lagerung von zweien der drei Keilbeine mit der Schneide nach unten zustande kommt. Der mediale Fußrand erreicht die Ebene des lateralen Fußrandes in einem von dem vorderen Ende des Sprungbeines bis zum vorderen Ende des 1. Mittelfußknochens verlaufenden, längsgewölbten Bogen.

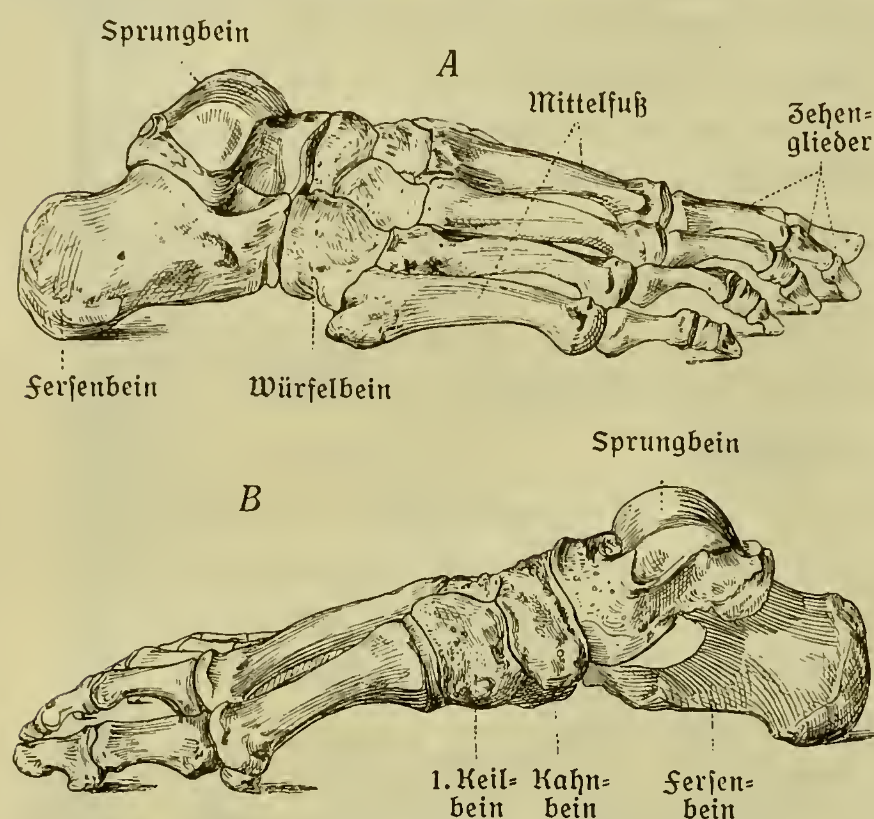


Abb. 75 Skelett des rechten Fußes. *A* von außen. *B* von innen. 1/4 nat. Größe. (Bardeleben.)

Im einzelnen verhalten sich die Knochen der Fußwurzel folgendermaßen:

α) Das Sprungbein vermittelt allein von allen Fußwurzelknochen die Verbindung mit den Unterschenkelknochen. Es besteht aus dem hinten liegenden, breiten Körper und dem schmalen Hals und Kopf, die von der medialen Hälfte der Vorderfläche des Sprungbeinkörpers schräg nach vorn unten und medial ragen. Der obere Teil des Körpers heißt die „Rolle" und ist an seiner oberen Fläche von hinten nach vorn zylindrisch gewölbt. Die Rolle ist wie der ganze Körper vorn breiter als hinten und an ihrer gewölbten Oberfläche, sowie dem oberen Teil der Seitenfläche überknorpelt, zur Bildung des eigentlichen Fußgelenkes mit der Gabel des Schienbeins und Wadenbeins.

Der Körper des Sprungbeins ist unten mit dem Fersenbein durch ein Gelenk verbunden, dem sich ein zweites Gelenk zwischen Kopf des Sprungbeins und Fersenbein hinzugesellt. Der Kopf besitzt vorn eine kugelige Gelenkfläche zur Verbindung mit dem Kahnbein.

β) Das Fersenbein ist der größte Fußwurzelknochen und liegt unter dem Sprungbein. Es reicht nach vorn ebensoweit wie das Sprungbein, überragt letzteres aber nach hinten beträchtlich. Der nach hinten hinausragende Teil des Fersenbeins hilft die Last des Körpers tragen und heißt Ferse oder Hacke. Ihre untere hintere Kante sendet den Fersenhöcker, der eigentlich allein den Fußboden berührt, nach der Fußsohlenseite. Die hintere Seite des Fersenbeins dient der Achillessehne zum Ansatz.

Das Fersenbein hat einen rechteckigen, seitlich etwas plattgedrückten Körper, der oben zwei Gelenkflächen für die Verbindungen mit dem Sprungbein, an seiner schmalen Vorderfläche eine etwas ausgehöhlte Gelenkfläche für das Würfelbein trägt.

γ) Das Kahnbein ist ein quergestellter, flacher Knochen und hat eine ausgehöhlte hintere und eine gewölbte vordere Fläche, wodurch es eine gewisse Ähnlichkeit mit einem

Kahn bekommt. Die überknorpelte, ausgehöhlte Hinterfläche tritt mit der kugeligen Gelenkfläche des Sprungbeinkopfes in Verbindung, die Vorderfläche mit den drei Keilbeinen. Die Fußrückenseite des Kahnbeins ist konvex, seine Fußsohlenseite konkav. Diese Konkavität tritt noch mehr durch einen nach unten ragenden Vorsprung am inneren Fußrande, den Kahnbeinhöcker, in Erscheinung.

δ) Die drei Keilbeine haben Keilform. Das erste mediale Keilbein ist das größte und zeigt mit seiner Schneide nach oben, die beiden anderen nach unten. Die Keilbeine haben hinten Gelenkflächen zur Verbindung mit dem Kahnbein, vorn zur Verbindung mit den entsprechenden Mittelfußknochen. Die Keilbeine liegen dicht nebeneinander. Lateralwärts folgt, ebenso dicht an das Kahnbein und die Keilbeine angeschlossen,

ε) das Würfelbein. Seine Form ergibt sich aus dem Namen. Es steht hinten mit dem Fersenbein, vorn mit dem 4. und 5. Mittelfußknochen in Verbindung.

b) Die Mittelfußknochen.

Die Mittelfußknochen sind kleine Röhrenknochen mit Körper und zwei Enden, deren hinteres Ende Basis, deren vorderes Ende Köpfchen heißt.

Die Körper sind leicht fußrückenwärts konvex gebogen. Der 1. Mittelfußknochen ist der stärkste und sendet von der Basis aus einen Höcker nach der Fußsohle zu. Ein zweiter, noch schärferer Höcker, den man am lateralen Fußrand deutlich unter der Haut fühlen kann, strebt von der Basis des 5. Mittelfußknochens lateralwärts. Die kugeligen, überknorpelten Gelenkflächen an der Vorderseite der Köpfchen reichen, wie Bardeleben betont, sehr weit nach der Fußrückenseite hinauf, was für die Stellung der Zehen besondere Bedeutung hat.

Die Mittelfußknochen liegen in einer zwischen den beiden Fußrändern nach oben medial gewölbten Ebene nebeneinander, doch so, daß sie nach vorn zu strahlenförmig etwas auseinanderweichen.

c) Die Zehenknochen.

Die große Zehe hat zwei Glieder, Grundglied und Nagelglied, die übrigen Zehen drei Glieder, Grundglied, Mittelglied und Nagelglied, und natürlich ebensoviele Knochen. Die Zehenknochen sind ebenfalls kleine Röhrenknochen mit Basis, Körper und Köpfchen. Die Knochen der Nagelglieder tragen eine hufeisenförmige Anschwellung als Unterlage für den Nagel.

Die Knochen der großen Zehe sind besonders kräftig und schließen sich nach vorn geradlinig an den 1. Mittelfußknochen an. Doch kann die große Zehe infolge der bis zur Fußrückenseite reichenden vorderen Gelenkfläche des 1. Mittelfußknochens nach der Fußrückenseite überstreckt werden, wodurch das Abrollen des Fußes beim Gehen erleichtert wird. Die Knochen der übrigen Zehen sind klein. Ihre Grundglieder können infolge der eigentümlichen Gestalt der vorderen Gelenkflächen der Mittelfußknochen nicht nur nach der Fußrückenseite überstreckt werden, sondern stehen schräg nach oben gerichtet, während das 2. und 3. Glied wieder soweit fußsohlenwärts abgebogen sind, daß die Nagelglieder den Fußboden nur mit dem vorderen Ende berühren. Die vier Zehen bekommen dadurch Krallenform und wirken nach Hyrtls Ausdruck wie elastische Schwungfedern oder Sprungfedern. Dadurch werden besonders beim Gehen auf den

Fußspitzen, wobei die Last des Körpers nicht auf den Zehen, sondern den Fußballen ruht, die Schwankungen des Körpers ausgeglichen und die Sicherheit des Trittes vermehrt. Das gilt in sinngemäßer Anwendung natürlich auch beim gewöhnlichen Gang.

2. Gelenke, Bänder und Bewegungen der unteren Gliedmaßen.

A. Das Hüftgelenk.

Das Hüftgelenk ist ein Kugelgelenk oder Nußgelenk und wird durch Hineinpassen des Schenkelkopfes in die Hüftgelenkpfanne gebildet. (Abb. 76.) Die Tiefe der Pfanne wird durch einen Knorpelring am Pfannenrande noch vergrößert, so daß die Rundung der Pfanne bis über den Äquator des kugeligen Schenkelkopfes hinausreicht. Die Gelenkverbindung der unteren Gliedmaßen mit dem Körper gewinnt dadurch die nötige Festigkeit zum Tragen des Körpers, ist aber in ihrer Beweglichkeit beschränkt, so daß ihr Bewegungswinkel in keiner Richtung 180° erreicht.

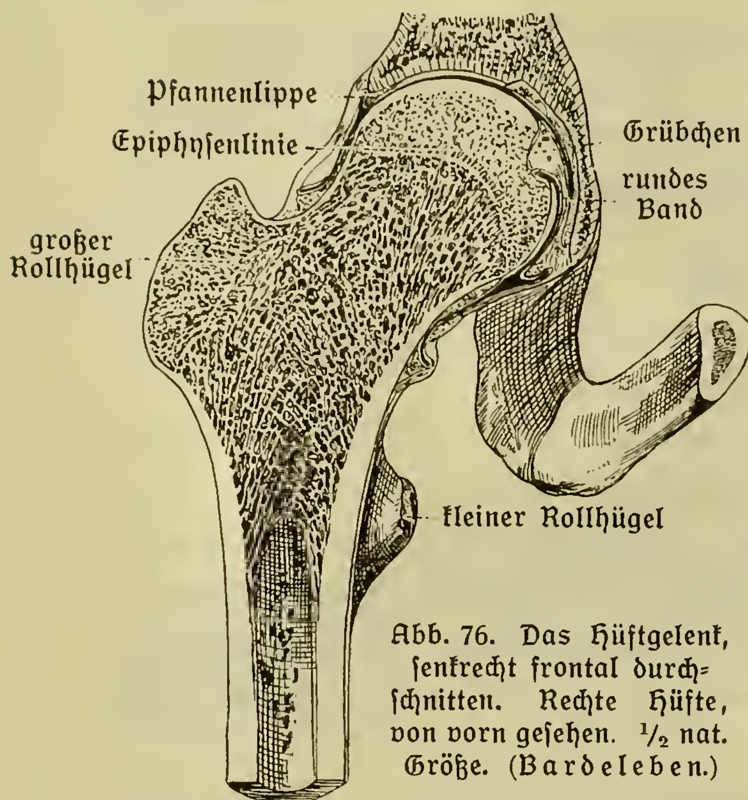


Abb. 76. Das Hüftgelenk, senkrecht frontal durchschnitten. Rechte Hüfte, von vorn gesehen. ½ nat. Größe. (Bardeleben.)

Das Hüftgelenk ist von einer derben, aber ziemlich weiten Kapsel umgeben, die vom knöchernen Rande der Hüftgelenkpfanne vorn bis zum Fuß des großen Rollhügels, hinten etwa bis zur Mitte des Schenkelhalses reicht. Die vordere Kapselwand wird durch das schon erwähnte Bertinische Band verstärkt, das vom vorderen unteren Darmbeinhöcker schräg bis zum Ansatz des Schenkelhalses an dem Schaft verläuft. Das Bertinische Band verhindert durch seine Anspannung eine Überstreckung des Oberschenkels nach hinten. Die Beine können daher nur scheinbar rückwärts gehoben werden, tatsächlich wird dabei das Becken um eine quere Achse im Sinne einer stärkeren Beckenneigung gedreht. Die Bedeutung des Bertinischen Bandes für die Entstehung der physiologischen Wirbelsäulekrümmungen ist Seite 18 nachzulesen.

Die Grube in der Mitte des Schenkelkopfes ist mit dem Grunde der Hüftgelenkpfanne durch das runde Band verbunden. Seine Bedeutung ist unklar. Es führt nach der Ansicht einiger Autoren Blutgefäße zur Ernährung des Schenkelhalses, was von anderer Seite bestritten wird. Dann soll es durch seine Bewegung die Synovia vor Eindickung bewahren oder selbst Gelenkflüssigkeit absondern. Auch soll es zu starke Anziehung oder Auswärtsrollung des Oberschenkels verhindern, da es bei diesen Bewegungen gespannt wird. Jedenfalls hat es mit dem Festhalten des Schenkelkopfes in der Pfanne nichts zu tun, was vielmehr nach den Untersuchungen der Gebrüder Weber lediglich durch den äußeren Luftdruck bewirkt wird. Denn bei jedem Versuche eines Herausziehens des Schenkelkopfes aus der Pfanne müßte infolge des dichten Abschlusses durch den Knorpelring ein luftleerer Raum entstehen.

Wir können den Oberschenkel im Hüftgelenk 1. vorwärts heben und senken, 2. lateralwärts heben und senken, 3. durch Kreuzen der Oberschenkel medialwärts heben und senken (wegen des Bertinischen Bandes nicht rückwärts heben). Wir können ihn

ferner 4. um seine Längsachse auswärts oder einwärts drehen, wobei natürlich die Richtung der Fußspitze entsprechend verändert wird. Es sind also wie in allen Kugelgelenken Bewegungen um drei Achsen möglich, um eine quere Achse, eine sagittale Achse und eine Längsachse. Das Vorwärtsheben mit nachfolgendem Senken heißt Beugen und Strecken des Oberschenkels, das Lateralwärtsheben mit nachfolgendem Senken bzw. weiterem medialen Heben heißt Abziehen und Anziehen. Wir können natürlich auch Bewegungen in allen dazwischenliegenden Richtungen und durch unmittelbare Verbindung der verschiedenen Richtungen Kreisen des Oberschenkels ausführen. Das Drehen um die Längsachse wird auch Rollen genannt.

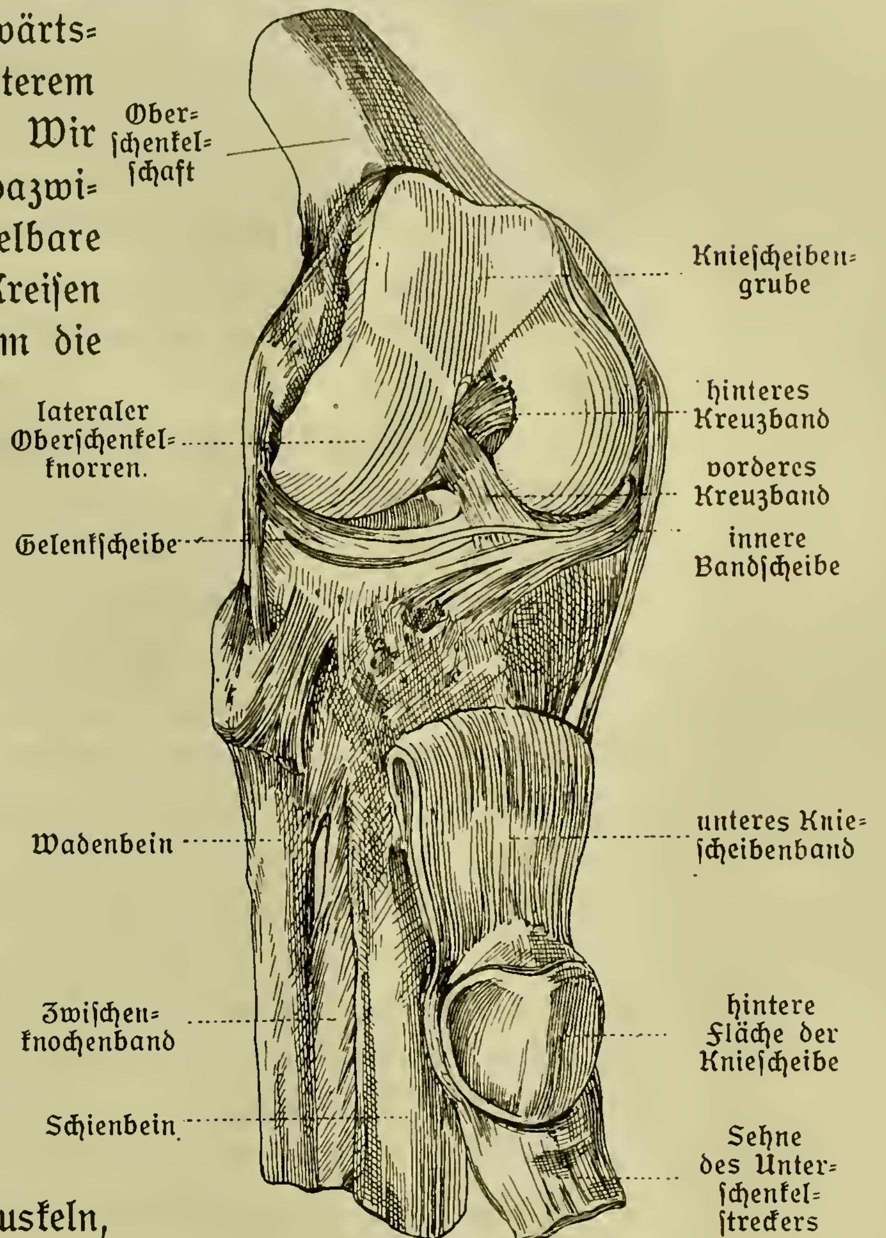


Abb. 77. Rechtes Kniegelenk von vorn, eröffnet. Sehne des Streckmuskels mit der Kniescheibe heruntergeschlagen. ²/₅ nat. Größe. (Bardeleben.)

B. Das Kniegelenk.

Die Eigentümlichkeit des Kniegelenkes besteht in der verschiedenen Form der Gelenkflächen des Oberschenkelbeins und des Schienbeins. Eine passende Aushöhlung der Schienbeingelenkflächen ist wegen der hinten und unten verschiedenen Krümmung der Gelenkfläche des Oberschenkelbeins unmöglich. Daher sind die Gelenkflächen des Schienbeins, die gewissermaßen die Gelenkfläche des Oberschenkelbeins umschließen sollten, ganz flach und werden auch durch die eingelagerten knorpeligen Gelenkscheiben nur in geringem Grade vertieft. Die Knochen verhindern also ein Abgleiten des Oberschenkelbeins vom Schienbein nur wenig. Muskeln, die als Halt in Frage kommen könnten, fehlen in der Umgebung des Kniegelenkes völlig. Die Festigkeit und Begrenzung der Bewegungen des Kniegelenkes sind also im wesentlichen von der Straffheit und Festigkeit der Gelenkkapsel und Bänder abhängig. Die Gelenkkapsel muß nun aber wegen der weiten Ausdehnung der Beugung (bis zu einem spitzen Winkel von 20°—30°) namentlich vorn besonders weit sein, so daß die Festigkeit des Kniegelenkes allein auf der Festigkeit seiner Bänder beruht. (Abb. 77.)

Die so einfach erscheinenden Bewegungen im Kniegelenk sind in Wirklichkeit sehr kompliziert. Wir wollen jedoch von allen verwickelnden Besonderheiten absehen und nur feststellen, daß Schienbein und Oberschenkelbein in Streckstellung miteinander einen lateralwärts offenen Winkel von etwa 145° bilden müssen, da der mediale Oberschenkelknorren länger ist als der laterale. Wir haben also am Skelett stets X-Beine. Der Unterschenkel bewegt sich natürlich um eine Achse, die mit der Verbindungslinie des medialen und lateralen Oberschenkelknorrens zusammenfällt und daher zur Längsachse des

Oberschenkelbeins nicht senkrecht steht, sondern einen lateralwärts spitzen Winkel mit ihr bildet. Die Bewegung selbst ist eine Scharnierbewegung und besteht im Strecken des Unterschenkels gegen den Oberschenkel bis zu einem Winkel von etwa 175° und im Beugen bis zu einem Winkel von 20°—30°. Die Beugung wird durch die Dicke der am Oberschenkel und Unterschenkel liegenden Muskeln begrenzt, die eine weitere Annäherung des Unterschenkels unmöglich machen, so daß eine Begrenzung durch das vordere Kreuzband kaum noch nötig wäre. Eine Überstreckung lassen das hintere Kreuzband und die beiden Seitenbänder des Kniegelenkes nicht zu. Wir können außerdem den Unterschenkel bei gebeugtem Knie um seine Längsachse drehen. Eine Drehung bei gestrecktem Knie wird durch die Seitenbänder verhindert.

Der Bänderapparat und die Gelenkkapsel des Kniegelenkes zeigen folgende Einzelheiten:

1. Auf jede der beiden Gelenkflächen des Schienbeins ist eine halbmondförmige knorpelige Gelenkscheibe aufgelagert, um die Ungleichheit der Gelenkflächen des Oberschenkelbeins und des Schienbeins etwas auszugleichen.

2. Die beiden Kreuzbänder sind sehr feste, schnurförmige Bänder und liegen innerhalb des Kniegelenkes. Man spricht von einem vorderen und einem hinteren Kreuzband. Das vordere Kreuzband kommt von der medialen Fläche des lateralen Oberschenkelknorrens und geht zum Vorderrand des medialen Schienbeinknorrens, verläuft also mehr schräg von außen oben nach innen unten. Das hintere Kreuzband verläuft fast senkrecht von der lateralen Fläche des medialen Oberschenkelknorrens zu dem hinteren Einschnitt zwischen den beiden Schienbeinknorren. Beide Bänder kreuzen sich also X-förmig. Das vordere Kreuzband begrenzt durch seine Anspannung die Beugung, das hintere Kreuzband verhindert die Überstreckung des Unterschenkels. Beide verhindern in allen Stellungen ein etwaiges Hinuntergleiten der Oberschenkelknorren über die Ränder der Gelenkflächen der Schienbeinknorren, gewissermaßen ein Heraustreten über die Ränder ihrer flachen Gelenkpfanne.

3. Die beiden Seitenbänder gehen von den Oberschenkelknorren zu dem Wadenbeinköpfchen bzw. zur medialen Seite des Schienbeins. Sie verhindern seitliche Beugung und Verschiebung und liegen, wie man sieht, ziemlich weit hinten. Infolgedessen spannen sie sich bei Streckung des Unterschenkels stark an und machen wie das hintere Kreuzband eine Überstreckung unmöglich. Dabei verhindern sie gleichzeitig eine Drehung des gestreckten Unterschenkels um seine Längsachse, die bei gebeugtem Knie lateralwärts und medialwärts möglich ist.

4. Von vorn schließt die Kniescheibe, der selbständig gewordene Ellenbogenfortsatz des Beins, das Kniegelenk und schützt gleichzeitig die Strecksehne des Unterschenkels vor seitlichem Abgleiten, da ja die Kante an ihrer Hinterseite in die Kniescheibengrube des Oberschenkelbeins wie in eine Leitschiene hineinpaßt. Starke Verschiebungen werden weiter durch das untere Kniescheibenband (die Fortsetzung der Sehne des vierköpfigen Unterschenkelstreckers) und durch besondere seitliche Kniescheibenbänder, die am oberen Rande der Kniescheibe horizontal verlaufen, verhindert. Bänder wie Sehne sind in die Gelenkkapsel eingewebt.

Die Gelenkkapsel selbst reicht nach unten bis an den Schienbeinhöcker. Man kann

also bei querer Eröffnung des Kniegelenkes dicht über der Kniescheibe in den unteren Teil der Kniegelenkhöhle wie in eine Tasche hineinsehen. Die Kniegelenkhöhle setzt sich nach oben zu unter dem vierköpfigen Unterschenkelstrecker fast bis zum Ende des unteren Viertels des Oberschenkels fort.

Die Beschreibung des Bänderapparates macht es verständlich, daß Verletzungen, auch leichte Verstauchungen, öfters eine Schwäche des Kniegelenkes zurücklassen. Die Festigkeit des Gelenkes beruht ja so ausschließlich auf der Festigkeit der Bänder, daß ihre Dehnung, wie sie eine Verstauchung mit sich bringt, ernsthafte Beachtung verdient. Die Weite der Gelenkkapsel begünstigt außerdem die Ansammlung von Flüssigkeitsergüssen im Kniegelenk, die eine Heilung noch besonders erschweren. Daher soll auch bei leichten Verletzungen oder Überanstrengungen des Kniegelenkes der Arzt gefragt werden.

C. Verbindungen zwischen Schienbein und Wadenbein.

Das Wadenbein legt sich lateral an die verdickten Enden des Schienbeins vermittels des oberen und unteren Wadenbeingelenkes an, so daß zwischen beiden Knochen ein breiter Zwischenraum bleibt. (Abb. 78.) Beide Gelenke sind straff und unbeweglich. Das obere wird gebildet durch das Köpfchen des Wadenbeins und die Gelenkfläche an der hinteren Ecke des lateralen Schienbeinknorrens und hat eine besondere abgeschlossene Gelenkkapsel. Das untere Wadenbeingelenk wird durch den äußeren Knöchel und die Gelenkfläche an der lateralen Seite des unteren Schienbeinendes gebildet. Das Gelenk ist in die Gelenkkapsel des Fußgelenkes mit einbegriffen. Der Zwischenraum zwischen beiden Knochen wird durch das Zwischenknochenband ausgefüllt.

D. Die Gelenke und Bänder des Fußes.

Die vielen einzelnen Knochen des Fußes sind durch straffe Gelenke miteinander verbunden und werden namentlich an der Fußsohle durch sehr feste Bänder in ihrer Lage gegeneinander erhalten. Dadurch wird die Wölbung des Fußes gewährleistet.

Nur drei Gelenke kommen für die Bewegung des Fußes gegen den Unterschenkel ausschlaggebend in Betracht. Es sind a) das obere Sprunggelenk, auch einfach Sprunggelenk oder Fußgelenk genannt, b) das untere Sprunggelenk und c) das Chopartsche Gelenk.

a) **Das Fußgelenk.**

Das Fußgelenk ist die Gelenkverbindung zwischen Schienbein und Wadenbein einerseits und Sprungbein andererseits. (Abb. 78 u. 75.) Schienbein und Wadenbein umgreifen das Sprungbein wie eine quergestellte Klammer, zwischen der sich das durch seitliche Bänder in seiner Lage erhaltene Sprungbein vorwärts und rückwärts dreht. Daraus ergibt sich eine Hebung und Senkung des Fußes. Das Gelenk ist also seiner Funktion nach ein Scharniergelenk. Die Längsachse des Unterschenkels bildet in der Mittelstellung des Fußgelenkes beim Stehen mit der Längsachse des Fußes einen nach vorn offenen Winkel von etwa 85°, ist also leicht nach vorn geneigt. Das vordere breite Ende des Sprungbeinkörpers ist bei gehobener Fußspitze fest zwischen die Klammern der beiden Knöchel eingekeilt und gestattet keinerlei seitliche Verschiebungen des Fußes, während solche bei gesenkter Fußspitze, wo das schmale hintere Ende des Sprungbein-

körpers zwischen den Klammern sitzt, wohl möglich sind. Die Gelenkkapsel ist durch ein laterales und mediales Seitenband, die ein Umknicken des Fußes erschweren sollen, verstärkt. Namentlich das laterale wird dabei häufig gezerrt oder auch eingerissen.

b) Das untere Sprunggelenk.

Das untere Sprunggelenk liegt zwischen Körper des Sprungbeins und dem Fersenbein. (Abb. 75.) Die Gelenkflächen sind von der einen Seite zur anderen leicht gewölbt bzw. ausgehöhlt. Das Gelenk läßt daher Bewegungen um eine etwa sagittale Achse, die nahezu der Längsachse des Fußes entspricht, zu. Diese Bewegungen bestehen in Heben und Senken des medialen oder des lateralen Fußrandes. Auch dies Gelenk besitzt straffe Verstärkungsbänder.

c) Das Chopartsche Gelenk.

Das Chopartsche Gelenk hat seinen Namen nach dem Chirurgen Chopart, der zuerst eine Amputation des Fußes in diesem Gelenk ausgeführt hat. (Abb. 75.) Das Gelenk besteht eigentlich aus zwei Gelenken zwischen Sprungbeinkopf und Kahnbein einerseits und Fersenbein und Würfelbein andererseits. Beide Gelenke haben aber eine gemeinsame Funktion und werden daher als ein Gelenk betrachtet. Eine Beschreibung der einzelnen Gelenkflächen würde zu weit führen. Das Gelenk ermöglicht 1. Heben und Senken des medialen oder lateralen Fußrandes, 2. ein Führen der Fußspitze medialwärts oder lateralwärts.

Folgende Bewegungen des Fußes sind demnach möglich: 1. Heben und Senken der Fußspitze vorzugsweise im oberen Sprunggelenk. 2. Einwärts- und Auswärtsführen der Fußspitze vorzugsweise im Chopartschen Gelenk. 3. Heben des äußeren mit Senken des inneren Fußrandes (Pronation) und umgekehrt (Supination) vorzugsweise im unteren Sprunggelenk. Außerdem kann durch Verbindung der verschiedenen Bewegungen ein Fußkreisen ausgeführt werden. Das Einwärts- und Auswärtsführen der Fußspitze im Chopartschen Gelenk ist wenig umfangreich. Die Fußspitze wird aber bei dem oben besprochenen, ausgiebigen Auswärts- und Einwärtsdrehen des Oberschenkels im Hüftgelenk mitbewegt.

Broesicke macht auf die Wichtigkeit der richtigen Bezeichnung für die Bewegungen im oberen Sprunggelenk aufmerksam. Die Bezeichnung Beugen und Strecken vermeidet man lieber bei einem doppelarmigen Hebel, wie es der Fuß ist, um nicht Mißverständnisse hervorzurufen. Man spricht besser von Heben und Senken der Fußspitze oder von Bewegen fußsohlen- oder fußrückenwärts.

Zwischen Fußwurzel und Mittelfuß liegt

d) das Lisfrancsche Gelenk,

das wegen seiner straffen Bänder und ebenen Gelenkflächen völlig unbeweglich ist. Es hat seinen Namen nach dem Chirurgen Lisfranc, der die Amputation des Fußes in diesem Gelenk angegeben hat. (Abb. 75.)

e) Die Zehengelenke.

Die Stellung der Zehen zu dem Mittelfuß ist bereits auf Seite 95 besprochen worden.

α) Die Gelenke zwischen den Grundgliedern der Zehen und den Mittelfußknochen sind nach der Seite 95 besprochenen Form der Gelenkflächen Kugelgelenke. Die Zehen können gebeugt und gestreckt werden, Bewegungen nach anderer Richtung sind bei gebeugter Stellung der Zehen unmöglich, da die seitlichen Verstärkungsbänder näher an dem Fußrücken angebracht sind und sich daher bei gebeugter Stellung fest anspannen. Dagegen können bei gestreckter bzw. überstreckter Stellung der Zehen Bewegungen nach den Seiten, das Zehenspreizen, ausgeführt werden. Außerdem spreizen die Zehen beim Auftreten selbst etwas auseinander und ermöglichen so einen sicheren Gang. Das Schuhwerk darf das nicht durch eine schmale Spitze verhindern.

β) Die Gelenke zwischen den einzelnen Zehengliedern sind Scharniergelenke, in denen Streckung und Beugung stattfinden kann. Es ist bereits Seite 95 näher besprochen worden, daß die Zehen mit Ausnahme der großen Zehe stets in Beugestellung in diesen Gelenken verharren.

f) Das lange Fußsohlenband.

Die Gelenke des Fußes haben namentlich an der Fußsohle Verstärkungsbänder, die das Fußgewölbe tragen helfen. Das lange Fußsohlenband, das von der unteren Fläche des Fersenbeins zum Würfelbein und der Basis der Mittelfußknochen zieht, ist besonders wichtig.

3. Die unteren Gliedmaßen als Ganzes.

A. Die regelrechte Stellung der unteren Gliedmaßen.

a) Die regelrechte Stellung von Oberschenkel und Unterschenkel.

Oberschenkelbein und Schienbein bilden bei der regelrechten Stellung der Beine einen lateralwärts offenen Winkel von etwa 145°. (Abb. 78.) Dabei steht die Längsachse des Schienbeins senkrecht, zwar so, daß die inneren Knöchel und die inneren Schienbeinknorren beider Beine sich berühren. Die Längsachse des Oberschenkels muß in dieser Stellung schräg von unten medial nach oben lateral verlaufen, da der Rumpf nicht oben auf die Oberschenkelbeine aufgesetzt, sondern zwischen den Oberschenkelbeinen aufgehängt ist. Der Verlauf des Oberschenkels wird noch schräger, weil das obere Ende des Schaftes infolge der winkligen Abknickung des Oberschenkelhalses noch weiter lateralwärts hinausgerückt ist. Zum Ausgleich der schrägen Stellung der Längsachse ragt dann der mediale Oberschenkelknorren weiter nach abwärts als der laterale.

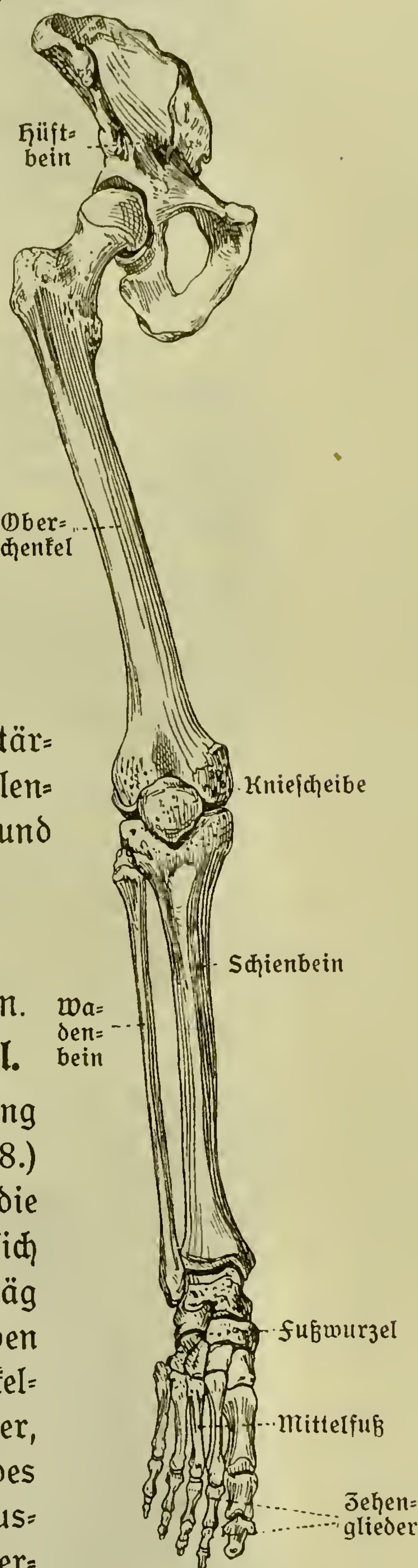


Abb. 78. Das Skelett der unteren rechten Gliedmaße von vorn. $^2/_{15}$ nat. Größe. (Bardeleben)

Bei dieser Stellung des Oberschenkels und Unterschenkels verläuft die Richtungslinie der Belastung vom Scheitelpunkt des Schenkelkopfes zur Mitte des Knie- und Fußgelenkes. Die Beine mit Muskeln und Haut machen bei dieser X-Stellung des Skelettes einen vollkommen geraden Eindruck. Sie haben dann die regelrechte Form, wenn sich Knöchel und Knie beider Beine in Grundstellung bei

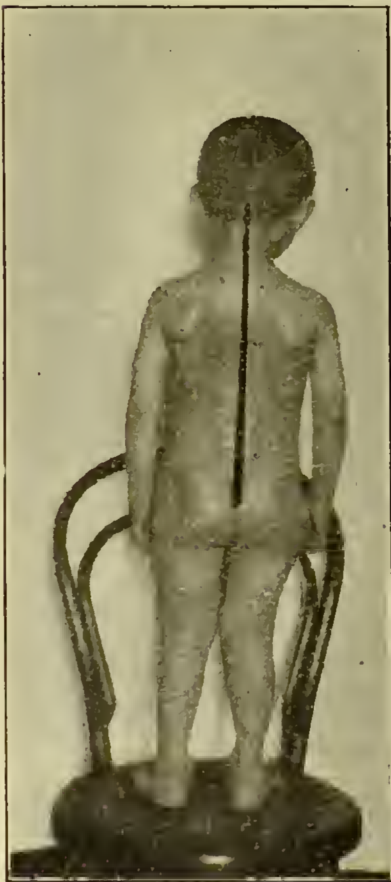
durchgedrückten Knien leicht berühren. Der lateralwärts offene Winkel zwischen Oberschenkelbein und Schienbein pflegt bei Frauen kleiner, d. h. weniger gestreckt zu sein, und zwar infolge der größeren Breite des Beckens und des kleineren Winkels zwischen Schenkelhals und Schaft des Oberschenkelbeins. Die Folge ist stärker ausgeprägte X-Stellung am Skelett, die nun auch am lebenden Menschen angedeutet ist.

Oberschenkelbein und Schienbein sollen in der Seitenansicht bei völlig gestreckten Knien immer noch einen nach hinten offenen Winkel von etwa 175° bilden.

b) Die regelrechte Form des Fußes.

Die Last des Körpers ruht letzten Endes auf den Füßen, und zwar soll, wie wir sahen, die Belastung senkrecht auf die Mitte der Fußgelenke wirken. Der Fuß selbst ruht hinten auf dem Fersenhöcker, vorn medial auf dem Köpfchen des 1. Mittelfußknochens und lateral auf dem ganzen 5 Mittelfußknochen. Das ist die Folge des Seite 94 besprochenen Fußgewölbes, das eine mediale Längsspannung und eine Querspannung aufweist. Die Form des Gewölbes wird am besten veranschaulicht, wenn man mit Bardeleben das Gesamtgewölbe beider Füße mit einer Kuppel vergleicht, während jeder einzelne Fuß die Hälfte dieser Kuppel bildet. Man darf jedoch eigentlich nicht von Spannung des Fußgewölbes reden, da ihm das wesentliche Kennzeichen der Spannung, die Fähigkeit, durch Druck fester zu werden, fehlt. Das Fußskelett zeigt nur äußerlich die Gewölbeform und erhält seine Spannung durch Bänder an der Fußsohle, die durch Sehnen und Muskeln unterstützt werden. Das hat große Vorzüge für das Abwickeln des Fußes und für einen leichten Gang, da das Fußskelett nur auf diese Art elastisch und in allen seinen Teilen beweglich gebaut sein kann.

Es wurde bereits beschrieben, wie der Fuß von der Hacke zur Spitze breiter wird. Schon die zweite Reihe der Fußwurzelknochen ist breiter als die erste, dann streben die Mittelfußknochen, wenn auch nur wenig, nach der Spitze radiär auseinander. Schließlich spreizen die Zehen breit auseinander, um dem Gang die nötige Sicherheit zu geben.


Abb. 79. X-Beinstellung jugendlicher Kinder. Plattfußstellung. (Nach David.)

B. Formveränderungen der unteren Gliedmaßen.

a) Formveränderungen am Ober- und Unterschenkel.

α) Die X-Beine. (Abb. 79.) Die X-Stellung von Oberschenkel und Unterschenkel wird auch am lebenden Menschen sichtbar, sobald der lateralwärts offene Winkel zwischen Oberschenkelbein und Schienbein kleiner als etwa 145 wird, d. h. sobald er sich weiter von dem gestreckten Winkel entfernt. Es entstehen die X-Beine, wobei sich die medialen Knöchel in Grundstellung nicht mehr berühren.

X-Beine sind, abgesehen von einzelnen Fällen, die durch Verletzungen entstehen, stets die Folge eines Mißverhältnisses von Belastung und Festigkeit der Knochen und Bänder, das im frühen Kindesalter und in den Pubertätsjahren vorliegen kann.

Man findet in den Kinderjahren als Ursache entweder zu frühes Stehen und Gehen, bevor die Stützgewebe fest geworden sind, oder schwächliche Konstitution oder vor allen Dingen die englische Krankheit. Das zu weiche Oberschenkelbein wird dann dicht oberhalb seines unteren Endstückes durch die natürliche Belastung lateralwärts abgebogen, so daß sich sein lateralwärts offener Winkel mit dem Schienbein immer mehr von dem gestreckten Winkel entfernt. Nun fällt die Richtungslinie der Belastung nicht mehr in die Mitte, sondern an die laterale Seite des Kniegelenkes. Die Belastung muß also immer mehr im Sinne des X=Beines wirken. Sie wird als weitere Folge das mediale Seitenband des Kniegelenkes dehnen und durch ihren verstärkten Druck die lateralen Knorren des Oberschenkelbeins und Schienbeins in ihrem Wachstum gegenüber den medialen Knorren behindern, ferner das obere Ende des noch nicht festen Schienbeins lateralwärts abbiegen. Dadurch wird auch die Stellung des Schienbeinschaftes verändert. Seine Längsachse steht nicht mehr senkrecht, sondern verläuft schräg von unten lateral nach oben medial, so daß die Körperlast mehr auf den medialen Fußrand drückt. Das begünstigt dann wieder die Entstehung des Plattfußes. Die Rhachitis verschont gelegentlich die Knochen des einen Beins oder befällt beide Beine in verschiedenem Grade. Ihre X=Stellung ist daher oft ungleichmäßig, woraus Schiefstellung des Beckens und weiter statische Skoliose entstehen kann. In den Pubertätsjahren leidet gelegentlich die Festigkeit der Knochen und Bänder durch Einsetzen eines stärkeren Wachstums, besonders bei blutarmen, schwächlichen Menschen. Nun beginnt aber gerade in dieser Zeit die stärkere Belastung der Beine durch den Beruf, z. B. bei Bäckern, Kellnern, Schmieden, Tischlern, Lastträgern. Die X=Beine entstehen dann in ganz ähnlicher Weise, wie es für die Kindheitsjahre geschildert wurde, nur daß jetzt die Dehnung der Bänder gegenüber der Verbiegung der Knochen mehr in den Vordergrund tritt. Das Gewicht des Körpers wird bei vielen der schädigenden Berufe mehr auf ein Bein gelegt. Daher entwickelt sich auch hier die X=Stellung beider Beine oft in verschiedenem Grade.

Die körperliche Leistungsfähigkeit wird erst durch stärker ausgesprochene X=Beine behindert, besonders wenn sich Plattfuß hinzugesellt. Die leichteren Formen ohne Plattfuß haben daher turnerisch und sportlich wenig Bedeutung und schließen auch die Militärtauglichkeit nicht aus. Es bedarf keiner weiteren Erklärung, daß leichte Formen von X=Beinen bei Frauen häufiger sind als bei Männern.

β) Die O=Beine. Die O=Beine sind das Gegenteil der X=Beine. Der Winkel zwischen Oberschenkelbein und Schienbein ist nicht vorhanden oder liegt auf der medialen Seite. Daher bleibt zwischen beiden Knien ein Zwischenraum, wenn sich die medialen Knöchel in Grundstellung berühren.

Auch die O=Beine entstehen durch das Mißverhältnis von Belastung und Festigkeit der Knochen und Bänder. Ihre erste Ursache liegt jedoch fast ausschließlich im Kindesalter. Die englische Krankheit befällt dann vorzugsweise die Schienbeine und verzögert die Streckung ihrer beim kleinen Kinde vorhandenen, lateralwärts konvexen Krümmung. Die Richtungslinie der Belastung trifft nun bei aufrechter Stellung nicht wie unter regelrechten Verhältnissen die Mitte des Kniegelenkes, sondern geht an seiner medialen Seite vorbei. Die Belastung wirkt damit weiter im Sinne der O=Beine, und die bekannten Säbelbeine rhachitischer Kinder sind die Folge. Sie wachsen sich frei=

lich später häufig noch aus, da die angeborene Neigung zur Streckung nach Heilung der Rhachitis wieder voll zur Geltung kommen kann. Sonst wird die stärkere Belastung der oben angeführten Berufe die O=Beine in der Pubertätszeit verschlimmern, namentlich wenn die Festigkeit der Gewebe bei blutarmen Menschen nachläßt.

Die O=Beine sind viel seltener als die X=Beine, da sie nur durch besondere Belastungsbedingungen entstehen können und sich außerdem ja häufig wieder auswachsen. Ihre Bedeutung ist schon aus diesem Grunde geringer als die der X=Beine. Dann aber schaffen die O=Beine nicht so günstige Bedingungen für die Entstehung des Plattfußes wie die X=Beine. Schließlich behindern O=Beine mäßigen Grades die körperliche Leistungsfähigkeit so gut wie gar nicht. Das Reiten wird durch sie sogar eher erleichtert. Leute mit leichten O=Beinen sind daher natürlich militärtauglich. Die Anlage zu O=Beinen scheint in vielen Fällen ererbt zu sein. Leichtere Formen wird man schon darum kaum als krankhaft ansehen dürfen, da sie bei manchen Menschenrassen die Regel bilden.

b) Formveränderungen des Fußes. Der Plattfuß.

Verbildete Füße sind vielfach das Kunstprodukt unvernünftiger Schuhmoden, wobei wir die absichtliche Verkrüpplung der Füße bei Japanerinnen und Chinesinnen ganz außer Betracht lassen wollen. Die Schädigungen der Füße durch Schuhwerk werden Seite 319 besprochen. Der Klumpfuß, Spitzfuß und Hohlfuß sind verhältnismäßig selten und haben nur ärztliches Interesse.

Der Plattfuß ist dagegen recht häufig. (Abb. 80.) Er bildet in etwa 3,9 Prozent aller Fälle von Militäruntauglichkeit die Ursache, von Plattfußanlage ganz abgesehen. Das weibliche Geschlecht wird noch öfter befallen, da die bei Frauen häufiger vorkommenden X=Beine die Entstehung begünstigen und die Frauen außerdem mehr als die Männer durch unvernünftige Schuhmoden den Bandapparat ihrer Füße und die Muskeln ihrer Beine schwächen.



Abb. 80. Fußabdrücke. *A* vom Plattfuß. *B* vom regelrechten Fuß.

Die Plattfüße können angeboren sein oder durch Lähmung bestimmter Muskeln oder auch durch Verletzungen entstehen. Die Hauptursache liegt auch hier in dem Mißverhältnis zwischen Belastung und Festigkeit der Bänder und Muskeln. Die Entstehung fällt daher ebenso wie bei den X=Beinen ins Kinderalter oder in die Pubertätsjahre, ausnahmsweise auch noch in das Alter von 45—50 Jahren. Das Fußgewölbe kann bei Schwäche der Bänder, Sehnen und Muskeln des Fußes einfach einsinken. Dabei wird das vordere Ende des Sprungbeins weiter nach vorn unten gedrückt, so daß das Kahnbein und das erste Keilbein flach auf die Unterlage sinken. Die Aushöhlung, die der Sohlenabdruck des gesunden Fußes an der Innenseite zeigt, ist dann ausgefüllt. Der Plattfuß kann aber noch hochgradiger werden. Die zu starke Belastung kann neben dem bisher geschilderten Einsinken der Längsspannung auch die Querspannung durchdrücken, wodurch der Fuß beim Aufsetzen natürlich breiter wird. Ein derartiger Plattfuß verursacht bei jedem Schritt Schmerzen, da alle Weichteile, die im Schutze des Fußgewölbes lagen, nun durch die Körperlast zwischen Fußskelett und Erdboden eingeklemmt werden.

Man bezeichnet außer dem eigentlichen Plattfuß noch eine andere Formveränderung mit diesem Namen. Dabei ist der Fuß im Fußgelenk um seine Längsachse in Pronationsstellung gedreht, so daß der laterale Fußrand gehoben, der mediale Fußrand gesenkt ist und das Auftreten mehr auf dem medialen Fußrand erfolgt. Der Fußabdruck ist natürlich ähnlich wie beim eigentlichen Plattfuß, nur vielleicht etwas schmäler. Das Fußgewölbe kann dabei zunächst ganz gut erhalten sein, pflegt aber durch den dauernden Druck doch allmählich in seiner Längsspannung einzusinken, so daß ein eigentlicher Plattfuß entsteht. Das muß durch rechtzeitige vorbeugende Maßregeln verhindert werden. Gerade diese Art Plattfuß findet sich häufig im Anschluß an X-Beine, wo die medialen seitlichen Verstärkungsbänder des Fußes leicht durch besondere Belastung gedehnt werden.

Der Plattfuß schädigt namentlich die Marschfähigkeit und wird seinerseits durch große Märsche, durch langes Stehen im Beruf in den Pubertätsjahren und durch anstrengende Sprünge mit kräftigem Absprung und Aufsprung infolge der dabei eintretenden Dehnung der Bänder verschlimmert. Daher macht der Plattfuß militäruntauglich und muß bei der Auswahl der Leibesübungen berücksichtigt werden. Der Plattfuß gehört in ärztliche Behandlung. Man soll schon bei dem geringsten Anzeichen von Plattfuß auch bei ganz kleinen Kindern zum Arzt gehen. Dann kann häufig völlige Heilung eintreten.

Zweiter Abschnitt.

Die Muskeln der unteren Gliedmaßen.

1. Die Muskeln zur Bewegung des Oberschenkels.

Man kann, wie wir sahen, den Oberschenkel und damit das Bein im Hüftgelenk beugen und strecken, abziehen (= seitwärts heben), anziehen (= an das andere Bein heranziehen) und auswärts (= rückwärts) und einwärts (= vorwärts) um seine Längsachse rollen.

Auswärtsrollen, Abziehen, Strecken und Einwärtsrollen wird von den hinteren Hüftmuskeln besorgt. Die hinteren Hüftmuskeln werden in die kleinen Hüftmuskeln und in die Gesäßmuskeln eingeteilt. Sämtliche hinteren Hüftmuskeln sind Auswärtsroller, die kleinen Hüftmuskeln haben nur diese eine Tätigkeit und setzen zu diesem Zweck an der hinteren Kante des großen Rollhügels an. Der kleine und der mittlere Gesäßmuskel sind mit ihren hinteren Fasern Auswärtsroller, mit ihren mittleren Fasern Abzieher, mit ihren vorderen Fasern Einwärtsroller. Der große Gesäßmuskel ist Auswärtsroller und besonders Strecker des Oberschenkels.

Das Beugen des Oberschenkels wird durch den Lendendarmbeinmuskel, das Anziehen durch die Anzieher des Oberschenkels ausgeführt. Das Beinkreisen geschieht durch entsprechende wechselseitige Zusammenziehung der verschiedenen Muskeln zur Bewegung des Oberschenkels.

A. Die Auswärtsroller.

Es sind

a) die kleinen Hüftmuskeln, nämlich der birnenförmige Muskel, der innere Hüftlochmuskel mit den beiden Zwillingsmuskeln, der äußere Hüftlochmuskel, der viereckige Oberschenkelmuskel und

b) die Gesäßmuskeln.

a) Die kleinen Hüftmuskeln.

Der birnenförmige Muskel entspringt von der Vorderfläche des Kreuzbeins und geht geradlinig durch das große Sitzbeinloch zur Spitze des großen Rollhügels.

Der innere Hüftlochmuskel entspringt von der ganzen Innenfläche des Hüftlochrahmens und der Hüftlochmembran, geht durch das kleine Sitzbeinloch zum Becken hinaus, biegt um den hinteren Sitzbeinast herum und setzt in der Grube des großen Rollhügels an. Außerhalb des Beckens begleiten ihn die beiden Zwillingsmuskeln, die ihre Ansatzsehnen mit der des inneren Hüftlochmuskels vereinigen. Der obere entspringt von dem Sitzbeinstachel, der untere von dem Sitzbeinknorren.

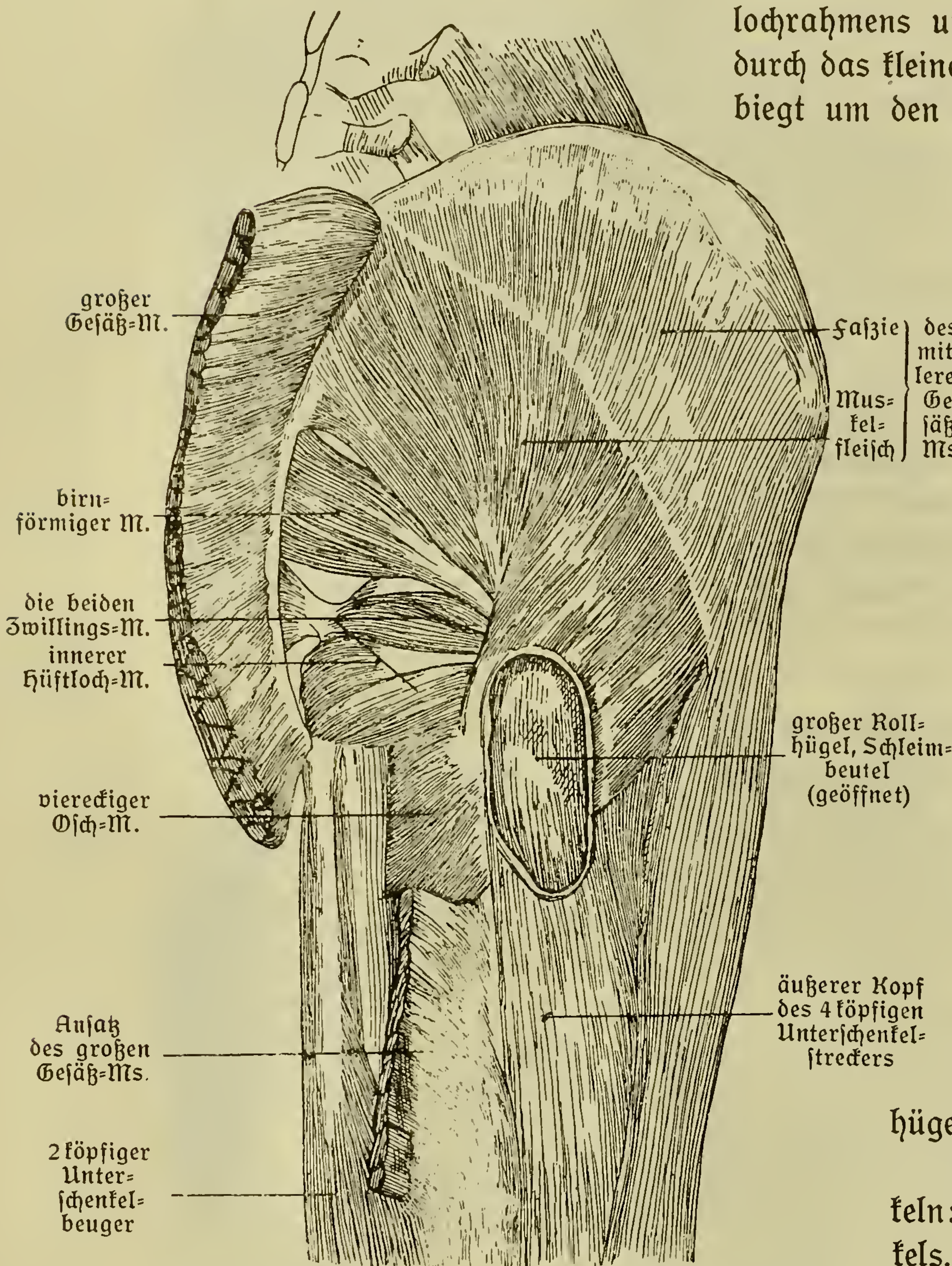


Abb. 81. Die hinteren Hüftmuskeln nach Durchschneidung des großen Gesäßmuskels. Rechts. $^1/_3$ nat. Größe. Osch. = Oberschenkel. (Bardeleben.)

Der äußere Hüftlochmuskel entspringt von der Außenfläche der Hüftlochmembran und dem inneren Rande des Hüftloches und geht geradlinig hinter dem Oberschenkelhals zur Grube des großen Rollhügels.

Der viereckige Oberschenkelmuskel entspringt an dem hinteren Sitzbeinast und geht zur hinteren Rollhügellinie. (Abb. 81 u. 85.)

Wirkung der kleinen Hüftmuskeln: Auswärtsrollen des Oberschenkels. Bei festgestelltem Oberschenkel Mithilfe beim Fixieren des Beckens in seiner Stellung.

b) Die Gesäßmuskeln.

Die Gesäßmuskeln werden bei der Besprechung ihrer Haupttätigkeit näher beschrieben werden.

B. Die Abzieher des Oberschenkels.

a) **Der kleine Gesäßmuskel** (M. glutaeus minimus) entspringt breit von der äußeren Fläche der Darmbeinschaufel unterhalb der vorderen Gesäßlinie und setzt am oberen Teil der medialen Fläche des großen Rollhügels an, indem seine Fasern strahlenförmig zusammenlaufen.

b) **Der mittlere Gesäßmuskel** (M. glutaeus medius) hat gleichfalls Fächerform, liegt über dem vorigen und bedeckt ihn vollständig. Er entspringt ebenfalls von der äußeren Fläche der Darmbeinschaufel, von einem Felde, das von der vorderen und hinteren Gesäßlinie, sowie der vorderen Hälfte des Darmbeinkamms begrenzt wird. Er setzt an der vorderen, oberen und hinteren Kante des großen Rollhügels an. (Abb. 81.)

Wirkung beider Muskeln: 1. Abziehen des Oberschenkels. 2. Bei alleiniger Zusammenziehung der hinteren Fasern Auswärtsrollen des Oberschenkels. 3. Bei alleiniger Zusammenziehung der vorderen Fasern Einwärtsrollen des Oberschenkels. 4. Bei festgestelltem Oberschenkel Fixierung oder umgekehrte Bewegung, im besonderen seitliche Neigung des Beckens gegen den Oberschenkel, wie etwa bei Standwage seitlings.

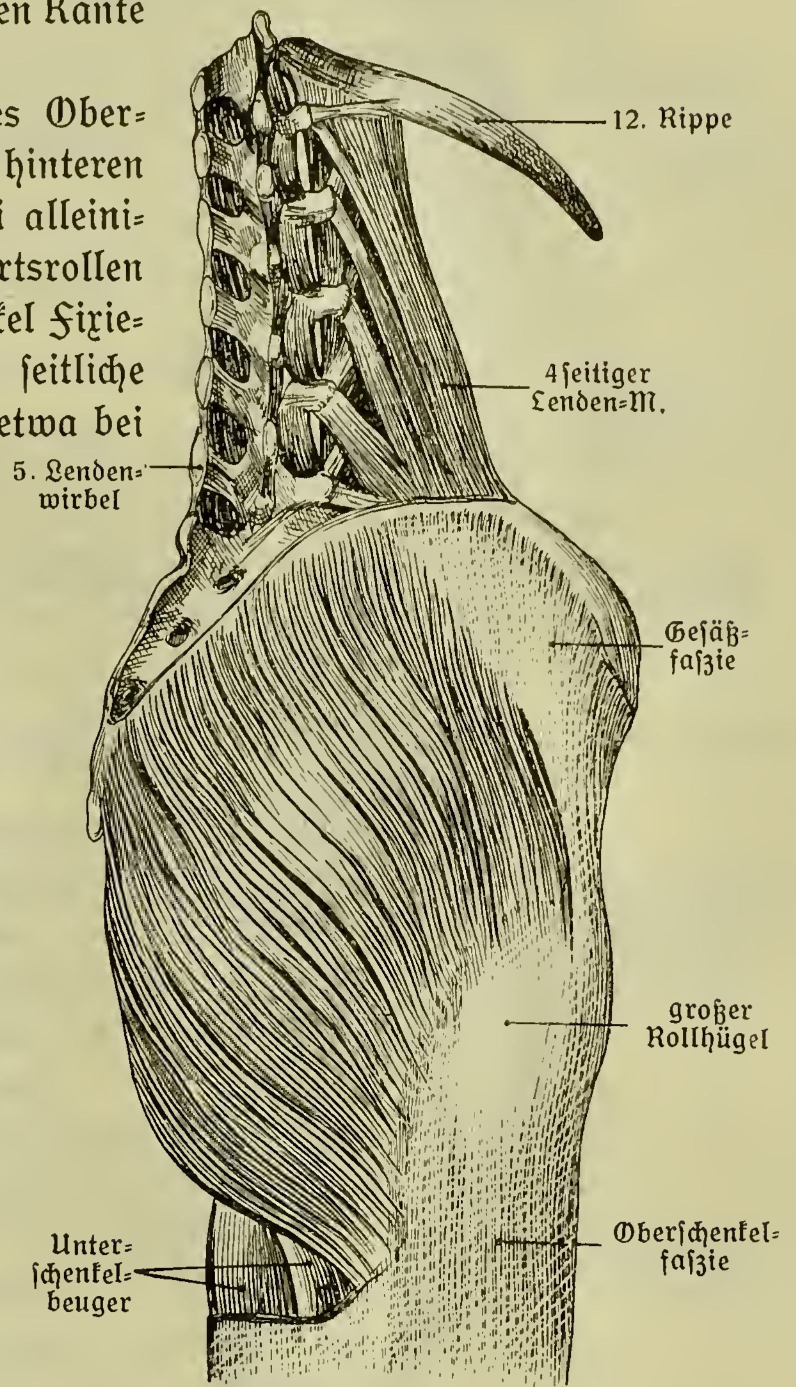


Abb. 82. Der große Gesäßmuskel der rechten Seite, von außen und hinten gesehen. $^1/_4$ nat. Größe. (Bardeleben.)

C. Die Strecker des Oberschenkels.

a) **Der große Gesäßmuskel** (M. glutaeus magnus) entspringt von der Hinterfläche der Darmbeinschaufel hinter der hinteren Gesäßlinie, von dem vierseitigen Lendenband, dem Seitenrande des Kreuz= und Steißbeins und dem Kreuzknorrenband. Seine groben, parallelen Fasern verlaufen im wesentlichen schräg von hinten oben nach vorn unten und gehen mit breiter, starker Sehne teils zum oberen Teil der rauhen Linie dicht unterhalb des großen Rollhügels, teils zum Maissiatschen Streifen. Der Maissiatsche Streifen ist eine besonders kräftige Verstärkung der allgemeinen Körperfaszie und soll die großen Muskelmassen an der lateralen Seite des Oberschenkels zusammenhalten. (Abb. 82 u. 81.)

Wirkung: 1. Streckung des gebeugten Oberschenkels. Eine ausgiebige Überstreckung nach der Rückenseite wird durch Anspannung des Bertinischen Bandes verhindert. 2. Bei festgestelltem Oberschenkel Aufrichten des vorgebeugten Beckens und Festhalten in der aufrechten Stellung. 3. Beteiligung beim Auswärtsrollen des Oberschenkels. 4. Spannen des Maissiatschen Streifens nach hinten oben. Da letzterer gleichzeitig vom Spanner der Oberschenkelfaszie nach vorn oben gezogen wird, fühlt sich die laterale Seite des energisch gestreckten Oberschenkels besonders hart an.

b) **Die Beuger des Unterschenkels** vermögen als Nebenwirkung besonders bei gestrecktem Knie den Oberschenkel zu strecken, da sie vom Sitzbeinknorren des Beckens herkommen. (Abb. 85.)

D. Die Einwärtsroller des Oberschenkels.

Eigentlich kommen nur die vorderen Fasern des kleinen und mittleren Gesäßmuskels als Einwärtsroller in Frage. Daneben vermag der Spanner der Oberschenkelfaszie in geringem Maße zum Einwärtsrollen beizutragen.

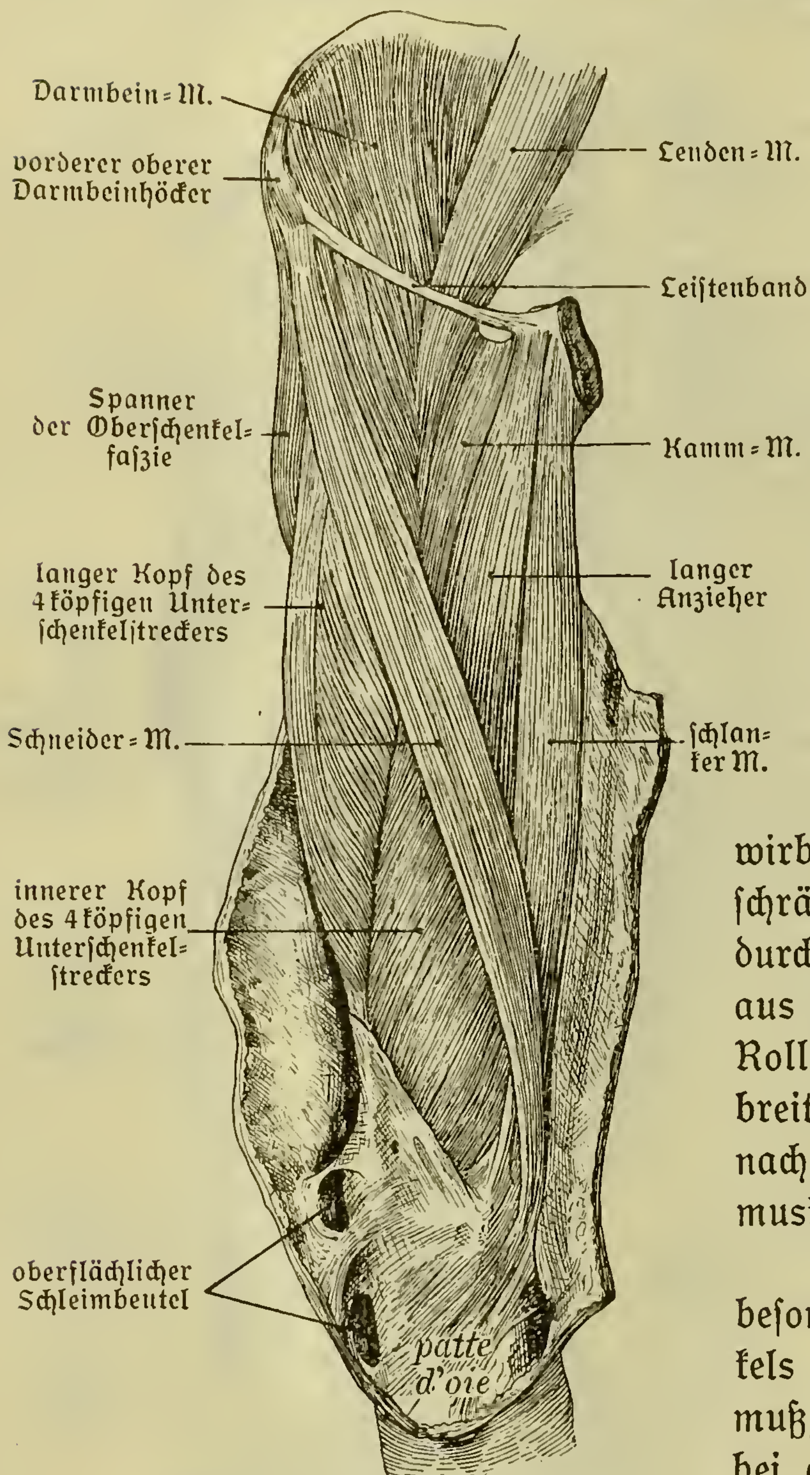


Abb. 83. Die Beuger und Anzieher des Oberschenkels, Unterschenkelstrecker und Schneidermuskel des etwas auswärts gerollten rechten Beines. $^1/_6$ nat. Größe. (Bardeleben.)

Die Auswärtsroller überwiegen also die Einwärtsroller bei weitem. Sie haben ja auch bei der Festhaltung des Beckens in seiner aufgerichteten Stellung mitzuwirken, während ein Hintenüberfallen schon ohne Muskelkraft durch das Bertinische Band verhindert wird. Ferner wird der Oberschenkel dauernd beim Stehen und Gehen in leicht auswärtsgerollter Stellung gehalten.

E. Die Beuger des Oberschenkels.

a) **Der Lendendarmbeinmuskel** (M. iliopsoas) besteht aus zwei Muskeln, deren Ansatzsehnen verschmolzen sind. (Abb. 83.) Der eine Teil, der Lendenmuskel, entspringt vom Körper und den Querfortsätzen der Lendenwirbel, verläuft an der inneren Bogenlinie entlang schräg nach unten vorn und lateral, tritt dann durch die Muskellücke unter dem Poupartschen Bande aus dem Becken heraus und setzt an den kleinen Rollhügel an. Der Darmbeinmuskel entspringt breit von der ganzen Darmbeingrube und geht, sich nach vorn verjüngend, in die Sehne des Lendenmuskels über.

Wirkung: 1. Beugung des Oberschenkels, die besonders kräftig sein kann, weil die Sehne des Muskels nach hinten um den Oberschenkel herumfassen muß, um zum kleinen Rollhügel zu gelangen. 2. Dabei geringes Auswärtsrollen des Oberschenkels, die sich natürlich auf den Unterschenkel und die Richtung des Fußes beim Gang überträgt. 3. Bei festgestelltem Oberschenkel Neigung des Beckens und der Lendenwirbelsäule nach vorn, also Unterstützung der Bauchmuskeln im Vorwärtsbeugen des Rumpfes.

b) **Der Spanner der Oberschenkelfaszie** (M. tensor fasciae latae) entspringt von dem vorderen oberen Darmbeinhöcker, zieht schräg nach hinten unten und geht in den Maissiatschen Streifen über. (Abb. 83 u. 84.) Wirkung: 1. Spannung des Maissiatschen Streifens nach oben vorn (s. auch großer Gesäßmuskel). 2. Geringe Mithilfe beim Beugen und Auswärtsrollen des Oberschenkels.

c) **Der lange Kopf des Unterschenkelstreckers** und der **Schneidermuskel** können zum Beugen des Oberschenkels beitragen, da sie vom Becken entspringen. (Abb. 83 und 84.)

F. Die Anzieher des Oberschenkels.

Die Anzieher oder Adduktoren liegen an der medialen Seite des Oberschenkels. Sie entspringen sämtlich von der Außenfläche der Sitzbein- und Schoßbeinäste, also vom Rahmen des Hüftloches, und setzen mit Ausnahme des schlanken Muskels an der medialen Seite der „rauhen Linie" des Oberschenkels an.

Die Anzieher sind in einer hinteren und einer vorderen Schicht angeordnet. Die hintere Schicht besteht nur a) aus dem großen Anzieher. Die vordere Schicht liegt auf der Vorderfläche des großen Anziehers und enthält b) den Kammuskel, c) den kurzen Anzieher, d) den langen Anzieher. An der medialen Seite verläuft e) der schlanke Muskel. (Abb. 83, 84, 85.)

a) **Der große Anzieher** (M. adductor magnus) entspringt von der Außenfläche des unteren Sitzbein- und Schoßbeinastes und setzt an der ganzen rauhen Linie, ihrem unteren medialen Schenkel und der Seite des medialen Oberschenkelknorrens an. Seine Fasern müssen strahlenförmig nach unten lateral verlaufen. Fast das ganze untere Drittel des Muskels ist sehnig und hat etwa handbreit über dem Oberschenkelknorren einen Schlitz, den Adduktorenschlitz, durch den die großen Blutgefäße des Beines, die in dem Winkel zwischen Oberschenkelbein und Vorderfläche der Anzieher verlaufen, nach hinten in die Kniekehle treten. Der große Anzieher hat etwa die Form einer Harfe, wobei das Oberschenkelbein den senkrechten Schenkel des Holzgestelles darstellt.

b) **Der Kammuskel** (M. pectineus) ist etwa zwei Finger breit, entspringt vom Schoßbeinkamm und verläuft schräg nach unten lateral zum medialen Rand der rauhen Linie dicht unterhalb des kleinen Rollhügels. Er bedeckt von vorn den äußeren Hüftlochmuskel und den viereckigen Oberschenkelmuskel.

c) **Der kurze Anzieher** (M. adductor brevis) entspringt dicht am Hüftloch zwischen Hüftloch und Schoßbeinfuge und setzt an der medialen Seite der rauhen Linie unterhalb des unteren Randes des Kammuskels an. Seine Fasern verlaufen noch schräger nach unten lateral als die Fasern des Kammuskels.

d) **Der lange Anzieher** (M. adductor longus) entspringt wie der kurze Anzieher von der Außenseite des Schoßbeins zwischen Schoßbeinfuge und Hüftloch, aber mehr nach der Schoßbeinfuge zu. Er setzt an der medialen Seite der rauhen Linie unterhalb des kurzen Anziehers an. Seine Fasern nehmen ihre schräge Richtung noch mehr nach unten.

e) **Der schlanke Muskel** (M. gracilis) entspringt von der Außenseite des unteren Schoßbeinastes, verläuft als ziemlich schmaler Muskelstreif längs der medialen Seite des Oberschenkels und setzt an der medialen Fläche des Schienbeins dicht neben dem Schienbeinhöcker an, wo er zusammen mit den Sehnen des Schneidermuskels und des halbsehnigen Muskels eine dreizipfelige Ausstrahlung bildet, die ihrer Form wegen patte d'oie (Gänsefuß) genannt wird.

Wirkung der Anzieher: 1. Anziehen des seitwärts gehobenen Beines bis zur Mittellinie des Körpers und nach Kreuzen mit dem anderen Bein Heben nach der anderen

Seite. Das Bein kann vorn oder hinten an dem anderen Bein vorüber gekreuzt werden, wobei der Oberschenkel von anderen Muskeln etwas nach vorn oder hinten gezogen wird. Die Bewegung erfolgt beim Reiten, beim Kletterschluß, beim Aufrichten aus der Kniebeuge, beim Zurückrollen im Boote, beim Überschlagen eines Beines über das andere. 2. Der Kammuskel kann etwas bei der Beugung des Oberschenkels mitwirken.

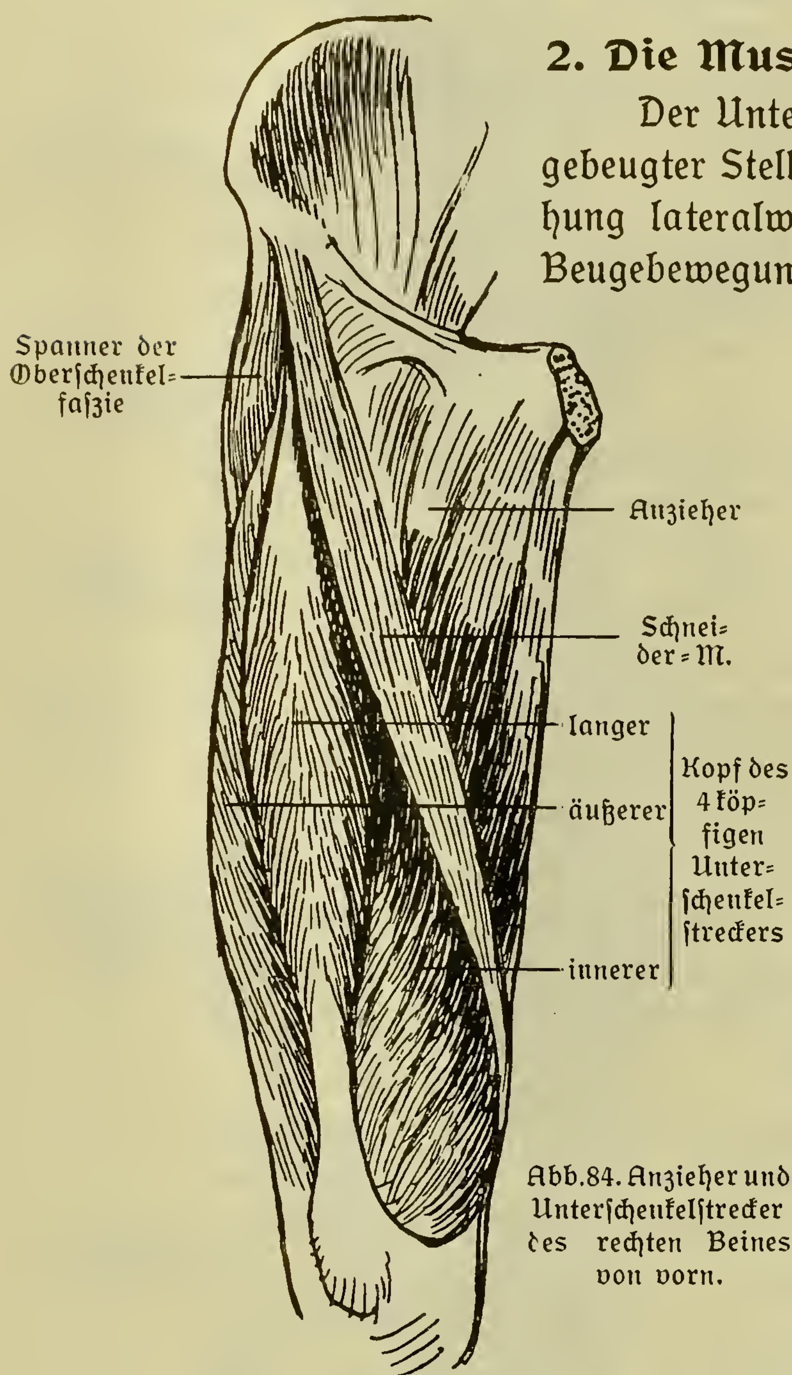


Abb. 84. Anzieher und Unterschenkelstrecker des rechten Beines von vorn.

2. Die Muskeln zur Bewegung des Unterschenkels.

Der Unterschenkel kann im Knie gebeugt und gestreckt und in gebeugter Stellung um seine Längsachse gedreht werden. Die Drehung lateralwärts oder medialwärts kann bereits während der Beugebewegung in zunehmendem Grade ausgeführt werden und ist eine Nebenwirkung der Unterschenkelbeuger. Daher müssen mindestens zwei Unterschenkelbeuger zum Ansatz an der medialen und lateralen Seite des Unterschenkels vorhanden sein. Tatsächlich haben wir drei Unterschenkelbeuger, von denen zwei an der medialen Seite und einer an der lateralen Seite des Unterschenkels ansetzen. Die Streckung bedarf nur eines Muskels.

A. Der vierköpfige Unterschenkelstrecker.

Der vierköpfige Unterschenkelstrecker (M. quadriceps femoris) entspringt mit drei Köpfen, dem mittleren, äußeren und inneren Kopf vom Oberschenkelbein, mit dem langen Kopf vom Becken. Er umgibt das Oberschenkelbein lateral, vorn und zum Teil medial mit mächtigen Fleischmassen. (Abb. 83 u. 84.)

Der mittlere Kopf entspringt von den oberen zwei Dritteln der Vorderfläche des Oberschenkelbeins, seine Sehne setzt sich an der Basis, den Seitenrändern und der Vorderfläche der Kniescheibe fest. Einige Fasern seiner tiefsten Schicht gehen in die Kniegelenkkapsel und vermögen sie durch Anspannen bei der Streckung vor Einklemmen zu schützen. Die Sehnenfasern setzen sich dann von der Spitze der Kniescheibe als unteres Kniescheibenband bis zum Schienbeinhöcker fort. Die Faserrichtung des mittleren Kopfes entspricht im wesentlichen der Richtung der Längsachse des Oberschenkelbeins.

Der äußere Kopf entspringt von der ganzen lateralen Seite der rauhen Linie und bedeckt die Außenseite des Oberschenkelbeins. Seine Fasern verlaufen schräg nach unten und medial und strahlen eine Handbreit über der Kniescheibe sehnig in die Sehne des mittleren Kopfes hinein.

Der innere Kopf entspringt von der medialen Seite des Oberschenkelbeins vor den Anziehern. Seine Fasern laufen schräg nach unten lateral und gehen erst in Höhe der Kniescheibe sehnig in die Sehne des mittleren Kopfes über.

Der lange Kopf bedeckt den mittleren Kopf vollständig. Er entspringt von dem vorderen unteren Darmbeinhöcker und dem angrenzenden Rande der Hüftgelenkpfanne. Seine Fasern verlaufen in der Richtung der Oberschenkelachse und bilden mit den übrigen Köpfen die gemeinsame, schon beschriebene Endsehne.

Wirkung: 1. Strecken des Unterschenkels im Kniegelenk. 2. Bei festgestelltem Unterschenkel Strecken des gegen den Unterschenkel gebeugten Oberschenkels, z. B. bei Aufrichten aus der Kniebeuge. 3. Nebenwirkung des langen Kopfes: Bei gestrecktem Knie Beugen des Oberschenkels gegen das Becken oder bei festgestelltem Oberschenkel Vornüberneigen des Beckens.

B. Die Beuger des Unterschenkels.

Die Beuger des Unterschenkels liegen natürlich an der Hinterseite des Oberschenkels. Es sind a) der zweiköpfige Unterschenkelbeuger, b) der halbhäutige Muskel, c) der halbsehnige Muskel Sie entspringen mit Ausnahme des kurzen Kopfes des zweiköpfigen Unterschenkelbeugers sämtlich vom Sitzbeinknorren. Da sie den Unterschenkel zugleich um seine Längsachse drehen, setzt der kräftigste von ihnen, der zweiköpfige Unterschenkelbeuger, für sich allein an der lateralen Seite, die beiden anderen an der medialen Seite des Unterschenkels an. (Abb. 85.)

Zu diesen eigentlichen Beugern des Unterschenkels kommt noch d) der Schneidermuskel hinzu.

a) **Der zweiköpfige Unterschenkelbeuger** (M. biceps femoris) hat einen langen Kopf und einen kurzen Kopf. Der lange Kopf entspringt am Sitzbeinknorren und kreuzt spitzwinklig das Oberschenkelbein. Der kurze Kopf entspringt in der Mitte der lateralen Seite des Oberschenkelschaftes und vereinigt sich bald mit dem langen Kopf zu einer gemeinsamen Sehne, die am Wadenbeinköpfchen ansetzt.

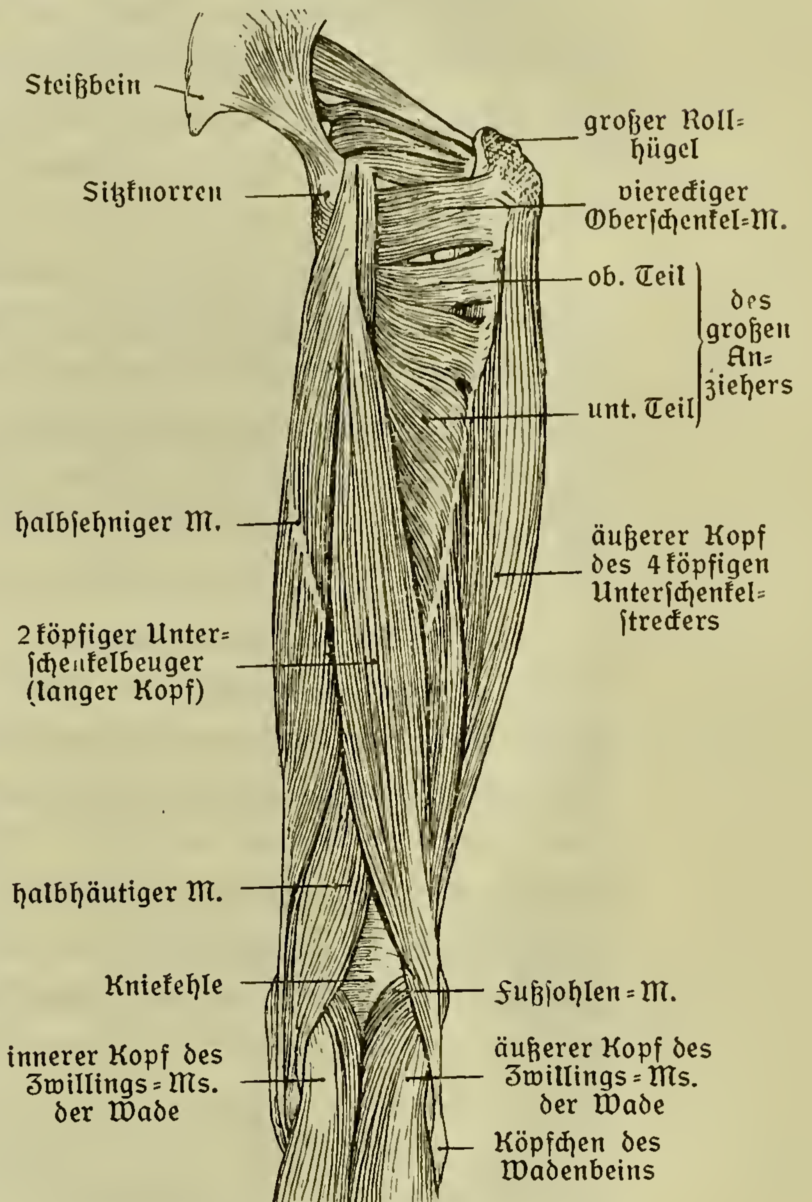


Abb. 85. Die Muskeln an der hinteren Seite des rechten Oberschenkels. $^1/_6$ nat. Größe. (Bardeleben.)

b) **Der halbhäutige Muskel** (M. semimembranosus) entspringt ebenfalls vom Sitzbeinknorren, und zwar mit einer breiten, sehnigen Haut, die fast die Hälfte des Muskels einnimmt und ihm den Namen gibt. Er setzt an der hinteren medialen Ecke des medialen Schienbeinknorrens an. Einzelne Fasern gehen hinten in die Kniegelenkskapsel, um sie bei der Beugung vor Einklemmen zu schützen.

c) **Der halbsehnige Muskel** (M. semitendinosus) entspringt gemeinsam mit dem langen Kopf des zweiköpfigen Unterschenkelbeugers vom Sitzbeinknorren, verläuft an der medialen Seite der Hinterfläche des Oberschenkels nach abwärts und setzt sich an der medialen Fläche des Schienbeins dicht neben dem Schienbeinhöcker an, wo er mit dem schlanken Muskel und dem Schneidermuskel die schon erwähnte patte d'oie bildet.

Seine Ansatzsehne nimmt fast die ganze untere Hälfte des Muskels ein, woher auch sein Name stammt.

Der halbsehnige Muskel und der zweiköpfige Unterschenkelbeuger bilden am rechten Bein zusammen ein lateinisches, gedrucktes N, am linken Bein dessen Spiegelbild. Der halbsehnige Muskel entspricht dem ersten Aufstrich, der lange Kopf des zweiköpfigen Unterschenkelbeugers dem Grundstrich, der kurze Kopf dem etwas verkürzten zweiten Aufstrich.

Der halbhäutige Muskel und der schräg lateralwärts verlaufende lange Kopf des zweiköpfigen Unterschenkelbeugers umschließen am unteren Viertel des Oberschenkels eine dreieckige Vertiefung. Diese Vertiefung bildet die obere Hälfte der rautenförmigen Kniekehle, die durch die Köpfe des Zwillingsmuskels der Wade vervollständigt wird.

Wirkung der drei Unterschenkelbeuger: 1. Beugung des Unterschenkels, bzw. bei festgestelltem Unterschenkel des Oberschenkels im Kniegelenk. 2. Auswärtsdrehen des Unterschenkels bei alleiniger Zusammenziehung des zweiköpfigen Unterschenkelbeugers und Einwärtsdrehen bei alleiniger Zusammenziehung des halbhäutigen und halbsehnigen Muskels. 3. Vermöge ihres Ursprungs vom Becken Streckwirkung auf den Oberschenkel, wenn der Unterschenkel in Streckstellung festgestellt ist. 4. Mithilfe beim Aufrichten und Fixieren des Beckens.

d) **Der Schneidermuskel** (M. sartorius), der längste Muskel des menschlichen Körpers, ist schlank und flach. (Abb. 83 u. 84.) Er entspringt von dem vorderen oberen Darmbeinhöcker und verläuft ein wenig schräger als das Oberschenkelbein nach unten medial bis zum Hinterrande des medialen Oberschenkelknorrens. Dort wendet er sich schräg nach unten vorn und setzt an der medialen Fläche des Schienbeins dicht neben dem Schienbeinhöcker an, wo er mit dem schlanken Muskel und dem halbsehnigen Muskel die patte d'oie bildet. Er folgt bei seinem schrägen Verlauf am Oberschenkel genau der Grenze zwischen dem vierköpfigen Unterschenkelstrecker einerseits und den Beugern und Anziehern des Oberschenkels andererseits. Dabei bildet er die laterale Seite des mit der Basis nach oben liegenden Scarpaschen Dreiecks, dessen mediale Seite vom langen Anzieher, dessen Basis vom Poupartschen Band begrenzt wird. Die großen Blutgefäße des Oberschenkels verlaufen von der Gefäßlücke unter dem Poupartschen Band zur Spitze des Scarpaschen Dreiecks, wo sie sich in die Tiefe senken, um, bedeckt vom Schneidermuskel, in dem Spalt zwischen dem vierköpfigen Unterschenkelstrecker und den Anziehern des Oberschenkels bis zum Adduktorenschlitz (s. S. 109) zu verlaufen.

Wirkung: 1. Wegen der Schwäche des Muskels nur schwache Unterstützung bei Beugung des Oberschenkels, z. B. beim Überschlagen eines Beines über das andere nach Schneiderart. Trotzdem führt der Muskel den Namen Schneidermuskel mit Recht. Denn seine Hauptwirkung ist es, den etwas gebeugten Unterschenkel weiter zu beugen. Das geschieht besonders bei übergeschlagenen Beinen, wenn der Unterschenkel nach Schneiderart weiter an den Körper herangezogen wird.

3. Muskeln zur Bewegung des Fußes und der Zehen.

Die Beweger der Zehen entspringen teilweise am Unterschenkel, teilweise am Fuß selbst. Die ersteren erhalten zum Namen den Zusatz „lang", die letzteren den Zusatz

„kurz“. Es gibt besondere Beweger der großen Zehe und gemeinsame Beweger der übrigen Zehen, auch hat die kleine Zehe besondere kleine Beweger. Die Heber des Fußes und die langen Strecker der Zehen müssen an der Vorderseite des Unterschenkels, die kurzen Strecker der Zehen am Fußrücken liegen. Dagegen müssen die Senker des Fußes und die langen Beuger der Zehen an der Hinterseite des Unterschenkels, die kurzen Beuger der Zehen an der Fußsohle liegen. Außerdem liegen an der lateralen Seite des Unterschenkels die Wadenbeinmuskeln, die den äußeren Fußrand heben, bzw. den inneren Fußrand senken, also im wesentlichen Pronationswirkung haben.

Das Gehen und Laufen erfordert ein kräftiges Stemmen der Fußsohle gegen den Erdboden und beansprucht daher namentlich die Senker des Fußes. Dementsprechend haben wir einen kräftigen Senker des Gesamtfußes, den dreiköpfigen Wadenmuskel mit der Achillessehne. Da beim Gehen und Laufen die Hauptlast auf dem Großzehenballen, also der medialen Fußseite ruht, muß diese besonders kräftig gegen den Fußboden gestemmt werden. Daher besitzen wir zwei kräftige Senker des inneren Fußrandes, den hinteren Schienbeinmuskel und den großen Wadenbeinmuskel. Der kräftige dreiköpfige Wadenmuskel hat unter den Hebern des Fußes überhaupt kein Gegenstück. Der Gesamtfuß wird vielmehr durch die gemeinsame Wirkung der Heber des inneren und äußeren Fußrandes, nämlich des vorderen Schienbeinmuskels und einer besonderen Zacke des langen Zehenstreckers gehoben, wozu sich am äußeren Fußrand bis zu einem gewissen Grade der kurze Wadenbeinmuskel gesellt. Selbstverständlich werden auch die über das Fußgelenk hinwegziehenden langen Strecker und Beuger der Zehen den Fuß heben und senken helfen. Die Beweger des Fußes ermöglichen bei entsprechendem Zusammenwirken ein Fußkreisen.

Wir werden die Muskeln von der medialen oder Großzehenseite nach der lateralen oder Kleinzehenseite hin aufzählen. Die Heber und Senker der Fußränder setzen an der Basis des ersten und fünften Mittelfußknochens oder den dahinter liegenden Fußwurzelknochen an.

A. Die Heber des Fußes und die langen Zehenstrecker (mit Ausnahme der Wadenbeinmuskeln).

Die hierher gehörigen Muskeln müssen nach den bisherigen Erörterungen an der Vorderseite des Unterschenkels liegen. Da die vordere mediale Fläche des Schienbeins völlig von Muskeln frei bleibt, entspringen sie von der vorderen lateralen Fläche des Schienbeins, dem Zwischenknochenbande und dem medialen vorderen Teil des Wadenbeins. (Abb. 86.) Es sind:

a) der vordere Schienbeinmuskel,
b) der lange Strecker der großen Zehe,
c) der lange gemeinsame Zehenstrecker.

a) **Der vordere Schienbeinmuskel** (M. tibialis anticus) entspringt von der vorderen lateralen Fläche des Schienbeins und dem angrenzenden Zwischenknochenband. Seine lange, schnurförmige Sehne geht an der Vorderseite des Fußgelenkes vorbei und setzt an der Basis des ersten Mittelfußknochens und dem ersten Keilbein an. Wirkung: 1. Heben des medialen Fußrandes. 2. Bei gleichzeitiger Wirkung mit der fünften Zacke

des langen gemeinsamen Zehenstreckers Heben des Fußes. 3. In Verbindung mit dem hinteren Schienbeinmuskel Führen der Fußspitze medialwärts.

b) **Der lange Strecker der großen Zehe** (M. extensor hallucis longus) entspringt von der unteren Hälfte des Zwischenknochenbandes und dem medialen Rande des Wadenbeines. Seine Sehne zieht längs des medialen Fußrandes zum Endglied der großen Zehe. Wirkung: Streckung der großen Zehe.

c) **Der lange gemeinsame Zehenstrecker** (M. extensor digitorum longus) entspringt von der ganzen medialen Seite des Wadenbeins, liegt also an der oberen Hälfte des Unterschenkels unmittelbar neben dem vorderen Schienbeinmuskel, weiter unten neben dem langen Strecker der großen Zehe. Seine Sehne endet in 5 Zacken, von denen 4 an den letzten beiden Gliedern der 2. bis 5. Zehe ansetzen, die 5. laterale Zacke zur Basis des 5. Mittelfußknochens geht. Wirkung: 1. Vermittels der 4 ersten Zacken Streckung der 2. bis 5. Zehe. 2. Vermittels der 5. Zacke Heben des lateralen Fußrandes. 3. Gemeinsam mit dem vorderen Schienbeinmuskel Heben des Fußes.

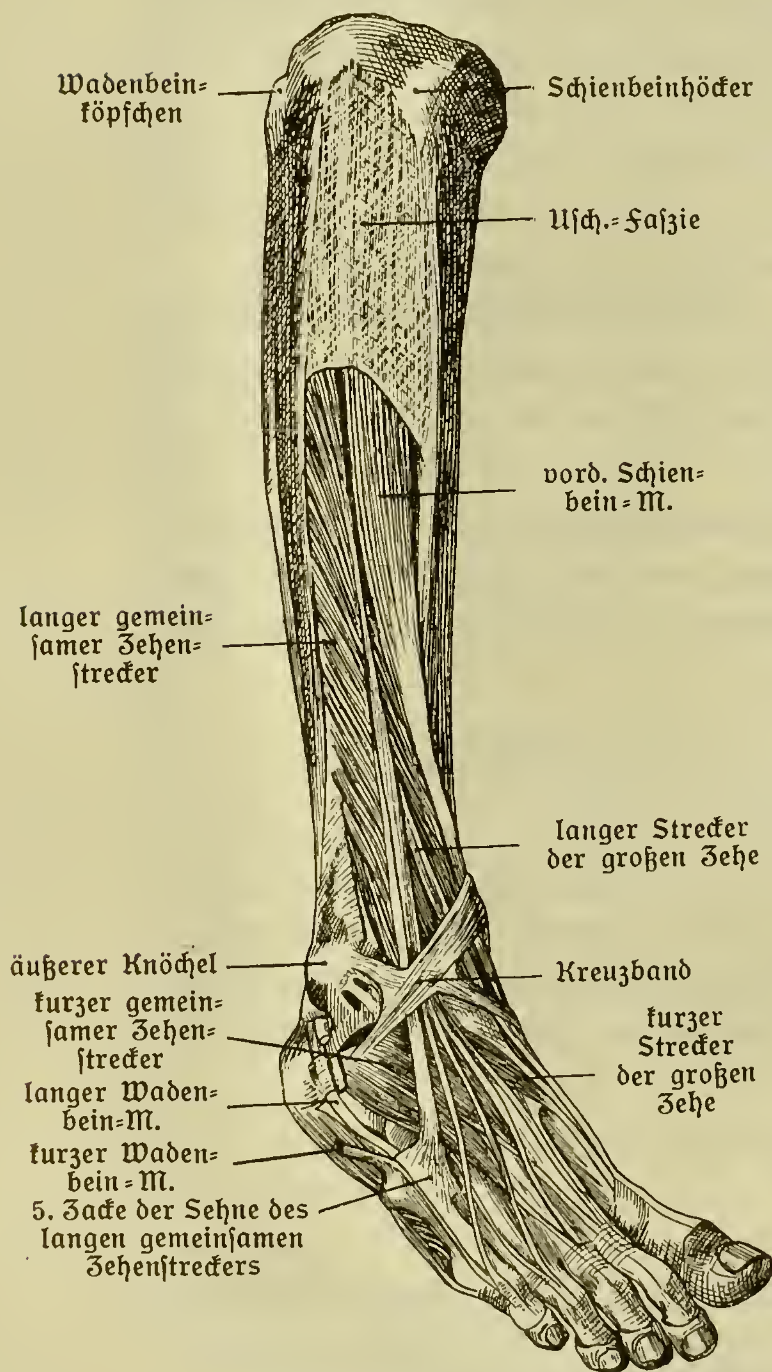


Abb. 86. Die Muskeln an der vorderen und lateralen Seite des rechten Unterschenkels und des Fußrückens. $^{2}/_{9}$ nat Größe. Usch. = Unterschenkel. (Bardeleben.)

Die Sehnen der drei Muskeln werden in der Knöchelgegend durch das quere Unterschenkelband, am Fußgelenk durch das Kreuzband, im Gebiet der Fußwurzel durch die Sehnenscheiden in ihrer Lage erhalten. Die beiden Bänder sind Verstärkungen der oberflächlichen Körperfaszie. Das quere Unterschenkelband verläuft in Knöchelhöhe um die vordere Hälfte des Unterschenkels von Knöchel zu Knöchel, das Kreuzband von dem lateralen Knöchel zum medialen Fußrand und vom medialen Knöchel zum lateralen Fußrand. Die Sehnenscheiden werden innen durch Schleimabsonderung schlüpfrig erhalten, um eine Reibung beim Hin- und Hergleiten der Sehnen zu vermeiden. Trotzdem entstehen Sehnenscheidenentzündungen bei großer Inanspruchnahme.

B. Die Wadenbeinmuskeln.

a) **Der kurze Wadenbeinmuskel** (M. peronaeus brevis) entspringt von der unteren Hälfte der lateralen Fläche des Wadenbeins. Seine Sehne zieht hinter dem äußeren Knöchel und an der lateralen Fläche des Fersenbeins entlang zur Basis des 5. Mittelfußknochens. (Abb. 86.) Wirkung: 1. Bei gesenktem Fuß Heben des äußeren Fußrandes bis zur Mittelstellung. 2. Auswärtsführen der Fußspitze.

b) **Der lange Wadenbeinmuskel** (M. peronaeus longus) entspringt von der oberen Hälfte

der lateralen Fläche des Wadenbeins. Seine Sehne zieht neben der Sehne des kurzen Wadenbeinmuskels hinter dem lateralen Knöchel und an der lateralen Fläche des Fersenbeins entlang bis in die Nähe der Basis des 5. Mittelfußknochens. Sie biegt hinter derselben zur Fußsohle um und verläuft dort schräg nach vorn und medialwärts, um schließlich an der Basis des 1. Mittelfußknochens anzusetzen. (Abb. 86.) Wirkung: 1. Kräftiges Senken des medialen mit gleichzeitigem Heben des lateralen Fußrandes, somit kräftiges Stemmen des Großzehenballens gegen den Fußboden beim Gehen, Laufen, Tanzen oder Einstellen des Fußes beim Schwimmen zum Ausstoßen der Beine. 2. Auswärtsführen der Fußspitze.

Beide Muskeln werden am lateralen Knöchel und der lateralen Seite des Fersenbeins durch eine Verstärkung der Körperfaszie und eine gemeinsame Sehnenscheide in ihrer Lage erhalten, der große Wadenbeinmuskel außerdem in der Fußsohle durch eine besondere Sehnenscheide.

C. Die Senker des Fußes und die langen Zehenbeuger

(mit Ausnahme der Wadenbeinmuskeln).

Die hierher gehörigen Muskeln müssen an der Hinterseite des Unterschenkels liegen. Sie sind in zwei Schichten angeordnet. Die tiefe Schicht besteht aus

a) dem langen gemeinsamen Zehenbeuger,
b) dem hinteren Schienbeinmuskel und
c) dem langen Beuger der großen Zehe.

Die tiefe Schicht entspricht also im wesentlichen den Muskeln an der Vorderseite des Unterschenkels, hat nur, wie die Aufzählung ergibt, eine andere Reihenfolge. Um sich die Reihenfolge zu merken, geht man am besten von der Reihenfolge der Muskeln an der Vorderseite des Unterschenkels aus, setzt den letzten Muskel an erste Stelle und läßt die beiden anderen weiterrücken. Die Änderung der Reihenfolge gestattet (s. Abbildung) einen möglichst geradlinigen Verlauf der Muskeln. Ihre Sehnen können nämlich wegen der weit nach hinten ragenden Hacke nicht über die Hinterseite des Fußgelenkes gelangen, müssen vielmehr seitlich an der Hacke vorbeiziehen, und zwar medial, da die laterale Seite bereits von den Sehnen der Wadenbeinmuskeln eingenommen wird. Ihre Ansätze müssen natürlich in der gleichen Reihenfolge wie die Ansätze der Muskeln an der Vorderseite liegen. Daher muß die Sehne des langen gemeinsamen Zehenbeugers die Sehnen der beiden anderen Muskeln kreuzen,

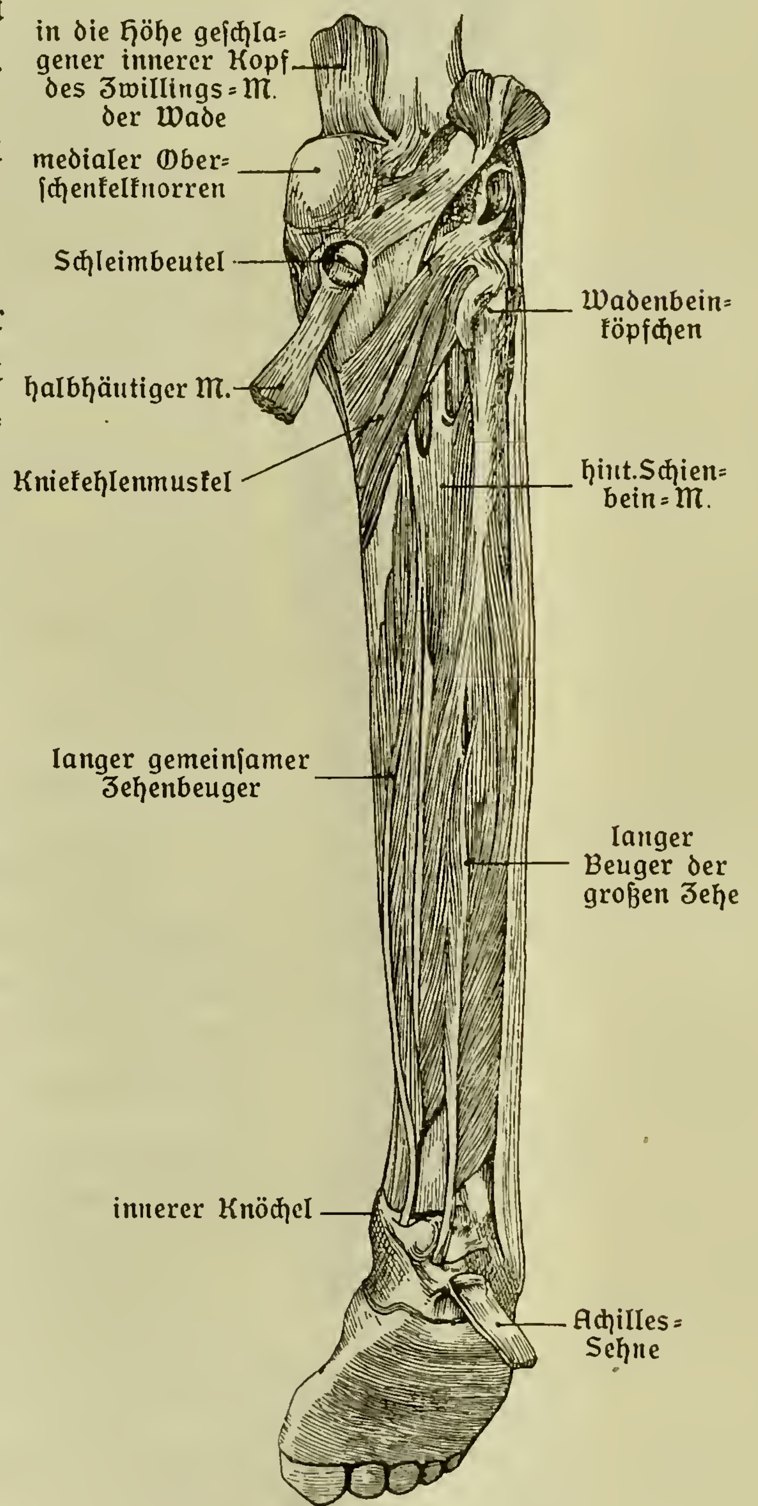


Abb. 87. Die tiefen Muskeln an der Rückseite des rechten Unterschenkels. $^2/_9$ nat. Größe. (Bardeleben.)

und zwar kreuzt sie die Sehne des hinteren Schienbeinmuskels hinter dem medialen Knöchel, die Sehne des langen Beugers der großen Zehe in der Fußsohle. (Abb. 87.)

Auch diese Muskeln werden im Bereich der Knöchel und der Fußwurzel durch Verstärkungen der Körperfaszie und Sehnenscheiden in ihrer Lage erhalten.

Zu der tiefen Schicht kommt als oberflächliche Schicht noch

d) der dreiköpfige Wadenmuskel hinzu.

a) **Der lange gemeinsame Zehenbeuger** (M. flexor digitorum longus) entspringt von der Hinterfläche des Schienbeins. Seine Sehne kreuzt hinter dem medialen Knöchel die Sehne des hinteren Schienbeinmuskels (der lange gemeinsame Zehenbeuger hinter dem hinteren Schienbeinmuskel vorbei) und gelangt an der medialen Fläche des Fersenbeins zur Fußsohle, wo sie die Sehne des Beugers der großen Zehe kreuzt, dann schräg nach vorn lateral verläuft und vier Zipfel für die Endglieder der 2.—5. Zehe abgibt. Die Sehne nimmt in der Mitte der Fußsohle vor Abgabe der vier Zacken einen kurzen Kopf auf, der von der unteren Fläche der Hacke entspringt und schräg nach vorn medialwärts verläuft. Wirkung: Beugung der Zehen. Der kurze Kopf zieht die Sehne nach hinten lateral, so daß die sonst schräg nach hinten medial wirkende Sehne gerade nach hinten zieht.

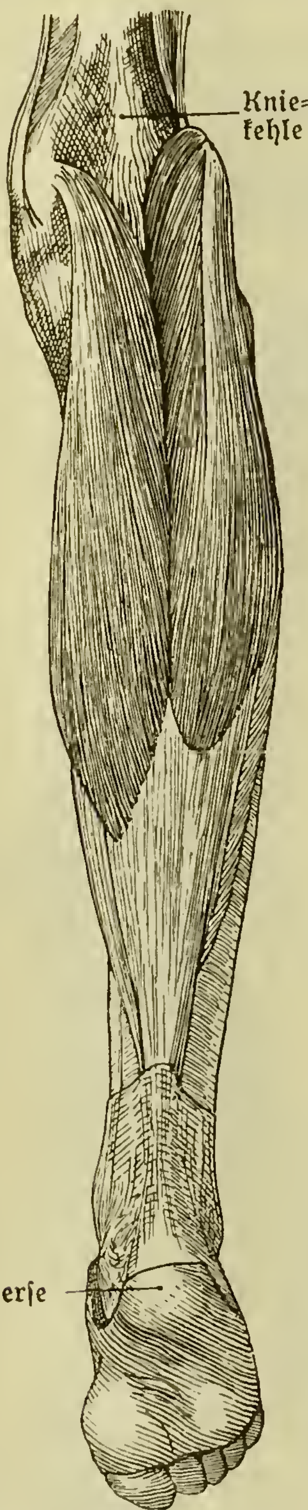


Abb. 88. Die oberflächlichen Muskeln an der hinteren Seite des rechten Unterschenkels, insbesondere der Zwillingsmuskel der Wade. $^2/_9$ nat. Gr. (Bardeleben.)

b) **Der hintere Schienbeinmuskel** (M. tibialis posticus) entspringt von der Hinterfläche des Zwischenknochenbandes und den angrenzenden Rändern des Schienbeins und Wadenbeins. Seine Sehne kreuzt sich, wie beschrieben, mit dem langen gemeinsamen Zehenbeuger und setzt an der Fußsohle mit breiter Ausstrahlung am Kahnbein und dem ersten Keilbein an. Wirkung: 1. Senken des medialen Fußrandes mit gleichzeitigem Einwärtsführen der Fußspitze. Der Muskel tritt in Tätigkeit, wenn man sitzend einen Gegenstand mit beiden Füßen aufheben will, ebenso beim Mastklettern zum Festklammern mit den Füßen. Daher der Name Matrosenmuskel.

c) **Der lange Beuger der großen Zehe** (M. flexor hallucis longus) entspringt von der Hinterfläche des Wadenbeins. Seine Sehne verläuft längs der medialen Fläche des Fersenbeins zur Fußsohle, wo sie sich, wie beschrieben, mit der Sehne des langen gemeinsamen Zehenbeugers kreuzt. Sie setzt an dem Endglied der großen Zehe an. Wirkung: Beugen der großen Zehe und Gegenstemmen derselben gegen den Erdboden beim Gehen.

d) **Der dreiköpfige Wadenmuskel** (M. triceps surae) besteht aus dem Schollenmuskel und dem Zwillingsmuskel der Wade. (Abb. 88.) Der Schollenmuskel (M. soleus) entspringt breit von dem oberen Teile der beiden Unterschenkelknochen. Der Zwillingsmuskel (M. gastrocnemius) bedeckt den Schollenmuskel vollständig und entspringt, da er am Unterschenkel keinen Platz mehr findet, mit einem medialen und lateralen Kopf von den beiden Oberschenkelknorren dicht oberhalb der Gelenkfläche des Kniegelenks. Zwischen beiden

Köpfen, die sich bald zu einer breiten, muskulösen Platte vereinigen, liegt eine dreieckige Vertiefung, der untere Teil der rautenförmigen Kniekehle, deren obere Hälfte durch die Bäuche des zweiköpfigen Unterschenkelbeugers und des halbhäutigen Muskels gebildet wird (s. S. 112). Der Zwillingsmuskel und der Schollenmuskel vereinigen sich zu der gemeinsamen breiten Endsehne, die an der Hacke ansetzt und Achillessehne genannt wird. Die Sehne hat ihren Namen von der Sage, daß Achilles nur an dieser Stelle verwundbar war. Wirkung: 1. Kräftiges Senken des Gesamtfußes und Gegenstemmen gegen den Fußboden beim Gehen, Laufen, Springen. 2. Bei festgestelltem Fuß Rückwärtsziehen des Unterschenkels, wodurch im Stehen dessen Übersinken nach vorn verhindert wird. 3. Mitwirkung beim Beugen des Unterschenkels gegen den Oberschenkel und umgekehrt.

D. Die Fußmuskeln oder die kurzen Beweger der Zehen.

a) Die Muskeln des Fußrückens.

α) Der kurze Strecker der großen Zehe und *β*) der kurze gemeinsame Zehenstrecker sind beide miteinander verschmolzen und entspringen an der oberen Fläche des Fersenbeins. Ihre Sehnen verschmelzen mit den Sehnen der langen Zehenstrecker, unter denen sie liegen. (Abb. 86.) Wirkung: Unterstützung der langen Zehenstrecker.

b) Die Muskeln der Fußsohle.

Man unterscheidet

α) die mittleren Fußmuskeln,
β) die Muskeln des Großzehenballens,
γ) die Muskeln des Kleinzehenballens,

die alle das Fußgewölbe tragen helfen. (Abb. 89.)

α) Die mittleren Fußmuskeln umfassen die oberen und unteren Zwischenknochenmuskeln sowie die Regenwurmmuskeln, die zwischen Mittelfußknochen und den Zacken der Sehne des langen Zehenbeugers verlaufen und das Spreizen der Zehen mit nachfolgender Wiederannäherung bewirken. Dazu kommt der kurze gemeinsame Zehenbeuger, der hinten an der unteren Fläche des Fersenbeins entspringt und in der Längsrichtung des Fußes bis zu den Mittelgliedern der 2.—5. Zehe verläuft. Er bedeckt die Sehne des langen Zehenbeugers. Die Wirkung ergibt sich von selbst.

β) Die Muskeln des Großzehenballens sind der Abzieher, der kurze Beuger und der Anzieher der großen Zehe. Die Muskeln verlaufen in der Längsrichtung des Fußes und setzen an der Basis des Grundgliedes der großen Zehe an und üben die Wirkung aus, die der Name besagt.

γ) Die Muskeln des Kleinzehenballens sind der Abzieher, der kurze Beuger und der Gegensteller der kleinen Zehe. Die Muskeln verlaufen in der Längsrichtung des Fußes und setzen an der Basis des Grundgliedes der kleinen Zehe an. Die Wirkung ergibt sich aus dem Namen.

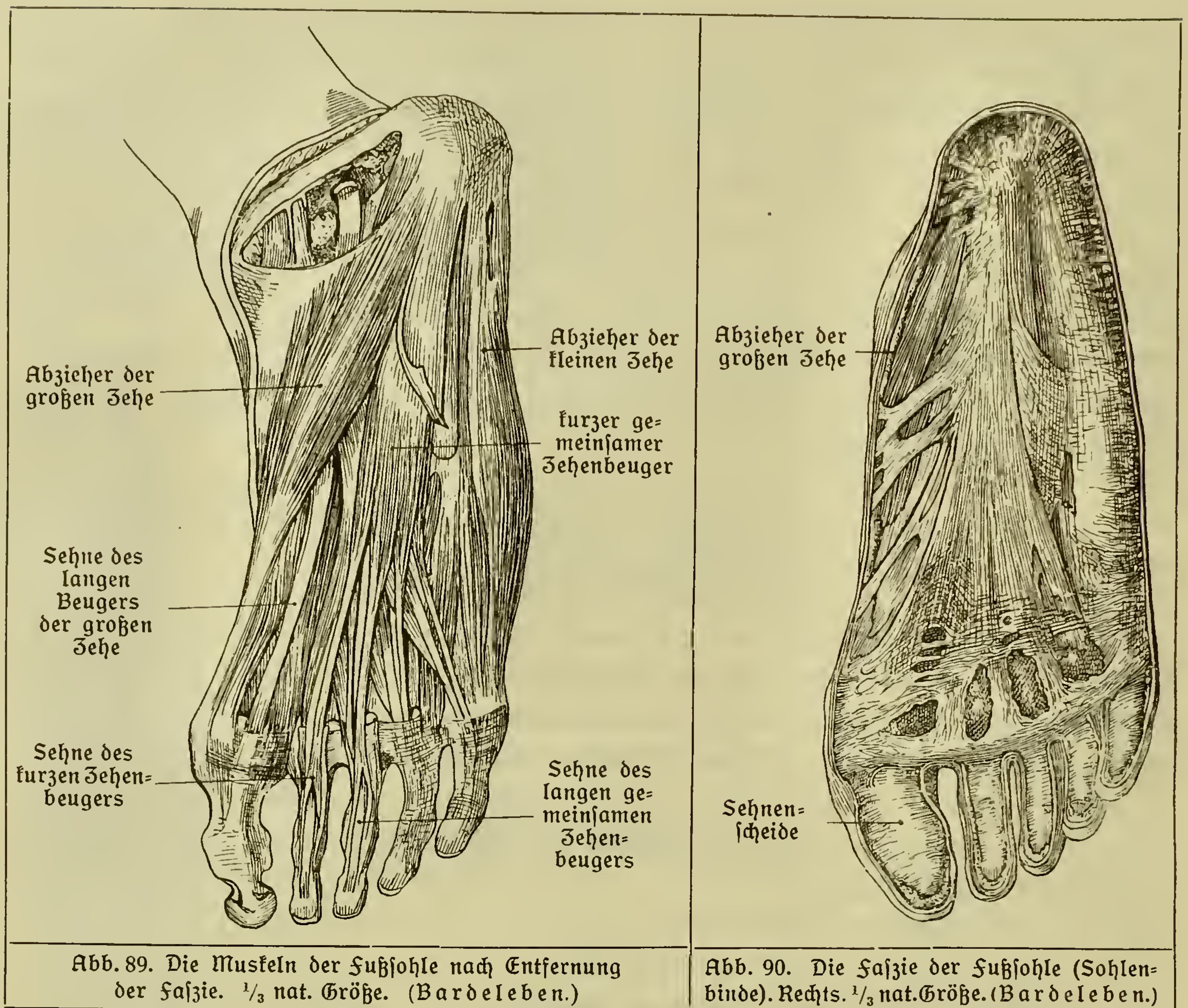


Abb. 89. Die Muskeln der Fußsohle nach Entfernung der Faszie. $^1/_3$ nat. Größe. (Bardeleben.)

Abb. 90. Die Faszie der Fußsohle (Sohlenbinde). Rechts. $^1/_3$ nat. Größe. (Bardeleben.)

Drittes Kapitel.

Die oberen Gliedmaßen.

Die oberen Gliedmaßen, die Arme, bestehen aus dem Schultergürtel und den freien Gliedmaßen, letztere wieder aus dem Oberarm, Unterarm und der Hand.

Während die unteren Gliedmaßen als Stützorgane des Körpers massig und stark gebaut sind, bedürfen die oberen Gliedmaßen als feines Werkzeug des Menschen vor allem freier Beweglichkeit. Aus diesem Grunde ist die Hand als Greiforgan eingerichtet, das Handgelenk beweglicher als das Fußgelenk, der Unterarm in der ausgiebigsten Weise um seine Längsachse drehbar. Daher gestattet auch das Schultergelenk im Gegensatz zum Hüftgelenk allseitige und ausgiebige Bewegungen. Die größere Beweglichkeit bedingt eine geringere Festigkeit, worin die Beweglichkeit dann auch ihre Grenze findet. Das gilt im besonderen vom Schultergelenk. Die trotzdem vorhandene allseitige Beweglichkeit des Oberarms wird durch eine Mitbewegung des Schultergürtels erreicht, die ihrerseits wieder im Gegensatz zum Beckengürtel eine größere Beweglichkeit des Schultergürtels gegen den Rumpf und seiner einzelnen Teile untereinander voraussetzt. Der Schultergürtel gehört demnach auch funktionell durchaus zu den oberen Gliedmaßen.

Erster Abschnitt.

Knochen, Gelenke und Bänder der oberen Gliedmaßen.

1. Die Knochen der oberen Gliedmaßen.

A. Die Knochen des Schultergürtels.

Der Schultergürtel wird von den beiden Schlüsselbeinen und den beiden Schulterblättern gebildet.

a) Das Schlüsselbein.

Das Schlüsselbein (clavicula) ist ein von oben nach unten etwas abgeplatteter, in der wagerechten Ebene S-förmig gekrümmter Röhrenknochen. Die Konvexität der Krümmung liegt am medialen Teile nach vorn, wovon man sich leicht am eigenen Körper überzeugen kann, da der Knochen in seiner ganzen Ausdehnung unter der Haut fühlbar ist. Man unterscheidet am Schlüsselbein den Körper, ein mediales und ein laterales Ende. Das mediale Ende ist dreikantig und petschaftartig verdickt und mit dem Handgriff des Brustbeins durch ein Gelenk verbunden. Das laterale Ende ist mehr abgeplattet und breit und steht mit der Schulterhöhe des Schulterblattes in gelenkiger Verbindung. (Abb. 91.)

Das Schlüsselbein liegt in der Ruhe wagerecht und stemmt sich wie ein Strebepfeiler in schräger Richtung von medial vorn nach lateral hinten zwischen Schulter und Brustkorb, wobei es die erste Rippe kreuzt. Es hält so das Schultergelenk in genügender Entfernung vom Brustkorb, damit die freie Beweglichkeit des Armes nicht durch Anstoßen und Reiben am Brustkorb behindert wird. Dies ist beim Menschen, der die Arme zum Greifen benutzt, die wichtigste Aufgabe des Schlüsselbeines. Säugetiere, deren vordere Gliedmaßen nur zum Laufen da sind und daher nahe nebeneinander stehen, haben kein Schlüsselbein, wie die Einhufer und Zweihufer, während z. B. die Katze, die die Vordertatzen auch zum Greifen benutzt, ein kleines Schlüsselbein besitzt. Die Wichtigkeit des Schlüsselbeines wird am besten durch die nebenstehende Abbildung eines Knaben ohne Schlüsselbein veranschaulicht. (Abb. 92.) Das Schlüsselbein muß letzten Endes alle Stöße aushalten, die z. B. beim Fallen auf die Hände oder bei abwehrendem Vorwärtsstrecken der Arme die oberen Gliedmaßen treffen. Auch ist es bei seiner oberflächlichen Lage unmittelbar den verschiedensten Gewalteinwirkungen ausgesetzt und bricht daher häufig. Der entsprechende Arm sinkt dann, allerdings weniger hochgradig als beim Fehlen des Schlüsselbeines, nach vorn.



Abb. 92. Knabe mit angeborenem Mangel der Schlüsselbeine. (Nach Pfeiffer.)

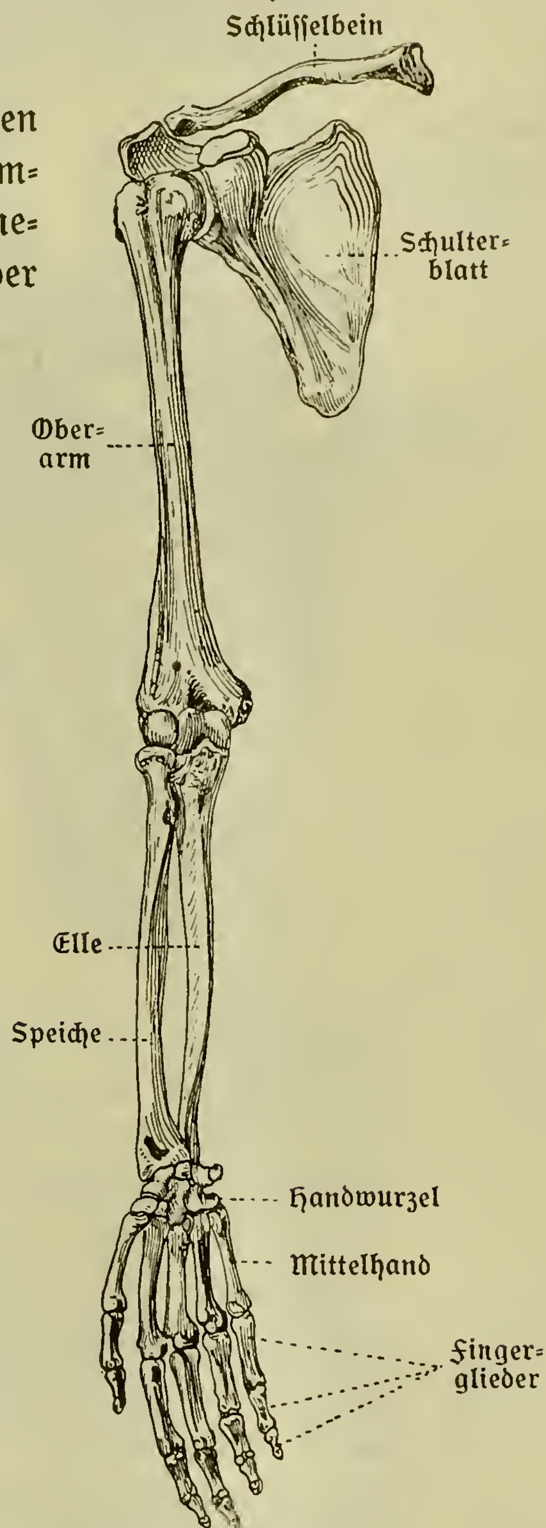


Abb. 91. Skelett der oberen Gliedmaße. Übersicht. $^2/_{15}$ nat. Größe. (Bardeleben.)

b) Das Schulterblatt.

Das Schulterblatt (scapula) ist ein flacher Knochen von der Gestalt eines rechtwinkligen Dreiecks. (Abb. 91 u. 93.) Es hat demnach drei Kanten, drei Winkel und zwei Flächen. Die drei Kanten sind die mediale, senkrecht verlaufende Kante (die große Kathete), die obere, wagerecht verlaufende Kante (die kleine Kathete) und die laterale, schräg verlaufende Kante (die Hypotenuse des rechtwinkligen Dreieckes). Die Winkel liegen oben medial, oben lateral und unten. Sie werden als der mediale, laterale und untere Schulterblattwinkel bezeichnet. Der mediale Schulterblattwinkel ist der rechte Winkel. Der laterale Schulterblattwinkel ist massiv angeschwollen und trägt die lateralwärts sehende, flache Gelenkgrube für den Kopf des Oberarmbeines. Medial davon ragt an der oberen Kante der Rabenschnabelfortsatz hakenförmig nach vorn und oben. Er dient mehreren Muskeln und Bändern zum Ansatz. Die laterale Kante ist im Gegensatz zur medialen Kante etwas gewulstet. Die Schulterblätter liegen hinten zu beiden Seiten der Wirbelsäule dem Brustkorb flach an. Daher ist die Vorderfläche entsprechend der Wölbung des Brustkorbes leicht konkav ausgehöhlt. Sie wird Unterschulterblattgrube genannt und dient dem gleichnamigen Muskel zum Ansatz. Die Hinterfläche ist leicht gewölbt und zeigt in ihrem oberen Drittel eine stark nach hinten vorspringende, schräg vom medialen Rande nach oben lateralwärts verlaufende Knochenleiste, die Schultergräte. Die Schultergräte erhebt sich lateralwärts immer mehr über die Ebene der Hinterfläche und endet schließlich in einem von oben nach unten abgeplatteten Vorsprung, der Schulterhöhe (acromion). Die Schulterhöhe ist nach vorn abgebogen, überragt lateralwärts das Schultergelenk und bildet die höchste Stelle der Schulter. Sie hat an ihrer vorderen medialen Kante eine kleine Gelenkfläche zur Verbindung mit dem lateralen Ende des Schlüsselbeines, das in einem Winkel von etwa 70° schräg nach vorn und medial zum Brustbein verläuft. Die hintere Fläche des Schulterblattes wird durch die Schultergräte in die kleinere Obergrätengrube und die größere Untergrätengrube, die den gleichnamigen Muskeln zum Ansatz dienen, geteilt. Das Schulterblatt reicht in der Ruhelage etwa von der 2. bis zur 8. Rippe. Die Schultergräte und namentlich die Schulterhöhe wird bei allen Menschen deutlich unter der Haut gefühlt. Auch die Kanten des Schulterblattes können, namentlich bei Bewegungen, am lebenden Menschen abgetastet werden.

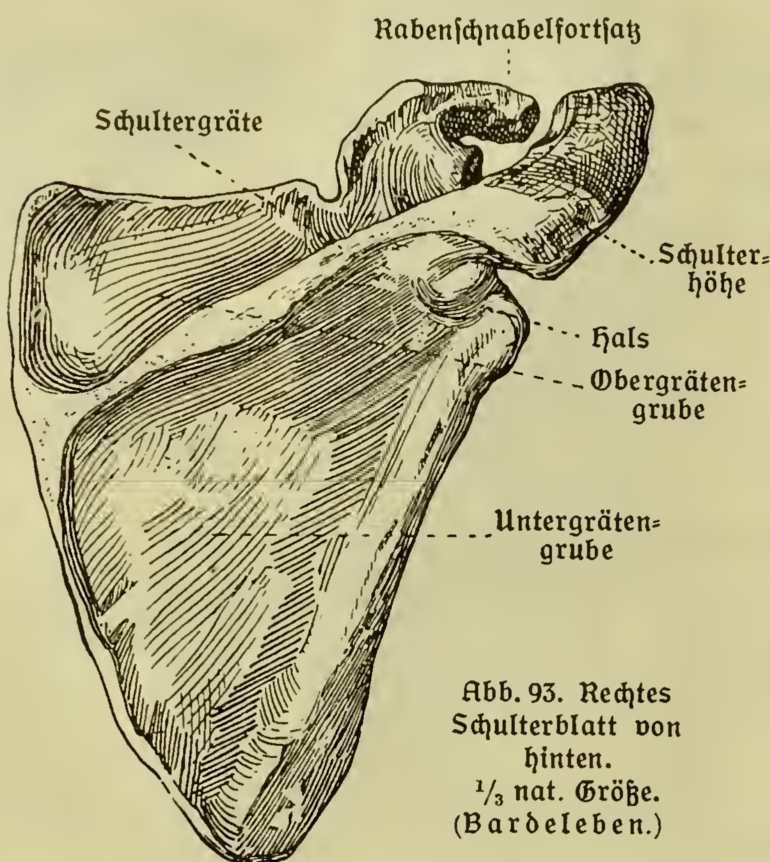


Abb. 93. Rechtes Schulterblatt von hinten. $1/3$ nat. Größe. (Bardeleben.)

B. Die Knochen der freien Gliedmaßen.

a) **Das Oberarmbein.**

Das Oberarmbein (humerus) ist der längste und stärkste Knochen des Armes. (Abb. 94.) Es ist ein Röhrenknochen und besteht demnach aus dem Schaft, dem oberen und dem unteren Ende. Das obere Ende trägt den schräg nach medial oben sehenden Oberarmkopf, eine kugelige Anschwellung, deren überknorpelte Gelenkfläche etwa $^2/_5$ einer Kugeloberfläche beträgt. Die Gelenkfläche wird durch eine seichte Einschnürung, den anatomischen Hals, von dem Schaft des Oberarmbeines abgegrenzt. Unmittelbar an dieser Grenze springt seitwärts der große Oberarmhöcker und nach vorn seitwärts der kleine Oberarmhöcker hervor, die verschiedenen Muskeln zum Ansatz dienen. Von den beiden Höckern verlaufen zwei Leisten, die Großhöckerleiste und die Kleinhöckerleiste, zwischen denen eine Rinne liegt, nach unten. Die Rinne nimmt die Sehne des langen Kopfes des zweiköpfigen Unterarmbeugers auf. Die Großhöckerleiste setzt sich nach unten in die vordere Kante des Schaftes fort. Der Schaft ist dreikantig. In der oberen Hälfte sind die hinteren Kanten abgerundet und die vordere (die Großhöckerleiste) scharf, in der unteren Hälfte sind die hinteren Kanten scharf und die vordere abgerundet. Die laterale hintere Kante ist in der Mitte des Schaftes durch eine spiralig von oben lateral nach unten medial verlaufende, flache Rinne für einen Nerven und Blutgefäße des Armes unterbrochen. In der Mitte der vorderen lateralen Fläche befindet sich die „Rauhigkeit des Oberarmes" zum Ansatz für den Deltamuskel. Das untere Ende verbreitert sich seitlich zu den beiden Oberarmknorren, in deren Spitze die beiden hinteren Kanten des Schaftes auslaufen. Der mediale Knorren ragt weiter seitlich hervor und zeigt an seiner Hinterfläche eine Furche für einen Nerven, der dort unmittelbar unter der Haut liegt und daher vielfach schmerzhaften Stößen ausgesetzt ist. Die Schmerzen strahlen bis in den 4. und 5. Finger aus. Man nennt diese Stelle den Musikantenknochen. Die Oberarmknorren, sowie die unteren Enden der Kanten dienen Muskeln zum Ansatz, und zwar der mediale Knorren, der der Kleinfingerseite entspricht, Beugern der Hand, der laterale Knorren, der der Daumenseite entspricht, Streckern der Hand. Man kann die Knorren daher auch als Beugeknorren und Streckknorren des Oberarmbeines bezeichnen. Zwischen den Oberarmknorren ragt der überknorpelte Gelenkfortsatz in Form einer quergestellten Walze nach unten. Er besteht aus der medial liegenden Rolle und dem lateral liegenden Köpfchen. Hyrtl beschreibt die Rolle als einen querliegenden, tiefgefurchten Zylin-

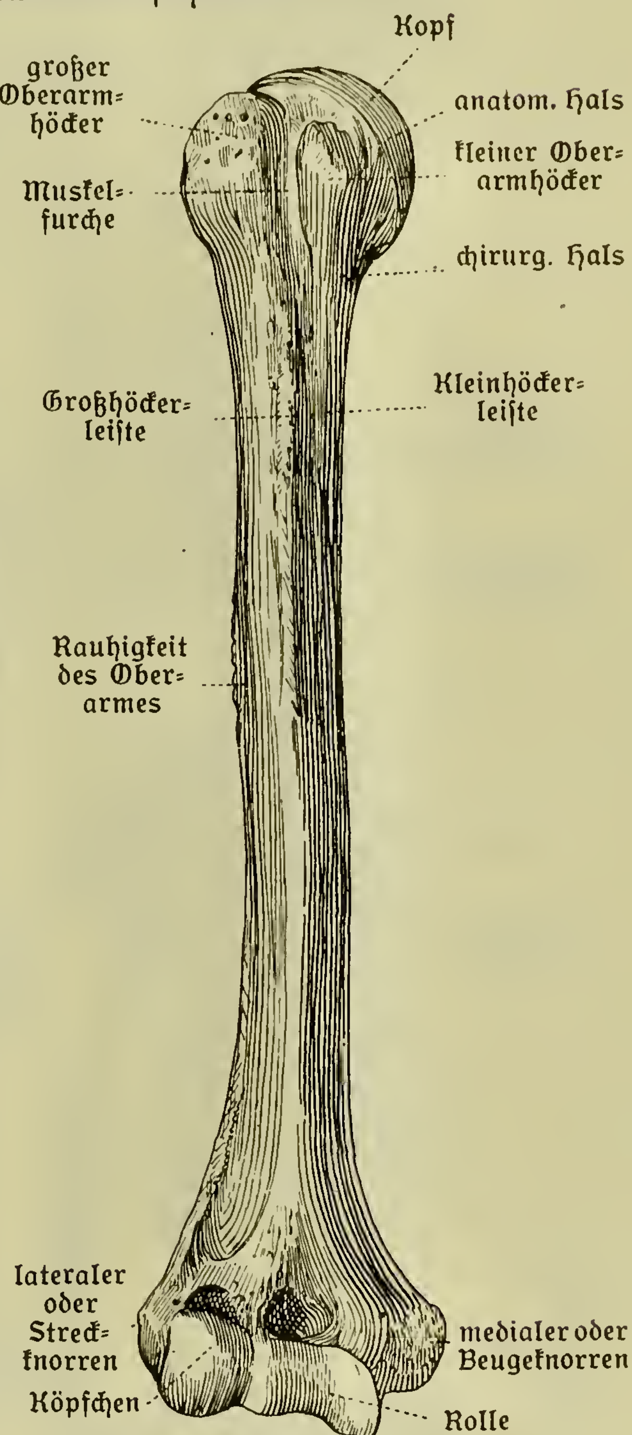


Abb. 94. Rechtes Oberarmbein von vorn. $^1/_3$ nat. Größe. (Bardeleben.)

der, der von dem großen, halbmondförmigen Ausschnitt der Elle umfaßt wird. Die Spitze dieses Zylinders liegt lateralwärts. Unterarm und Oberarm bilden daher in Streckstellung einen lateralwärts offenen, stumpfen Winkel. Über der Rolle liegt vorn die flachere Ellengrube und hinten die tiefere Ellenbogengrube zur Aufnahme von Hakenfortsatz oder Ellenbogenfortsatz der Elle bei stärkster Beugung oder Streckung des Unterarmes im Ellenbogengelenk. Das Köpfchen ist ein kugeliger Vorsprung zur Gelenkverbindung mit dem Köpfchen der Speiche.

b) Die Knochen des Unterarmes.

Der Unterarm hat zwei Knochen, die Elle (ulna) und die Speiche (radius). Beide sind nicht nur mit dem Oberarm und der Hand, sondern auch untereinander beweglich verbunden. Das untere Ende der Speiche kann nämlich um die Elle gedreht werden, so daß sich beide Knochen kreuzen. Elle und Speiche liegen parallel, wenn man die Handfläche nach oben dreht, also turnerisch in Kammhaltung Wir werden, um Mißverständnisse zu vermeiden, den Unterarm stets in dieser Haltung beschreiben. Dann liegt die Elle medial und die Speiche lateral. Die Elle entspricht also der Kleinfingerseite, die Speiche der Daumenseite. (Abb. 95 u. 96.)

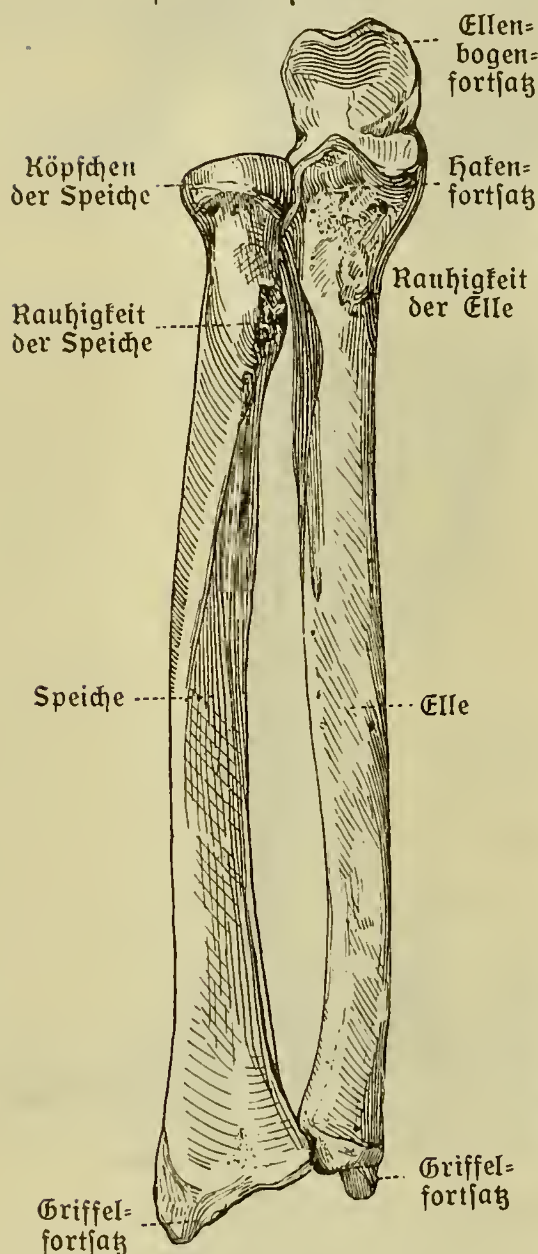


Abb. 95. Knochen des rechten Unterarmes von der Beugeseite, in „Supinationsstellung". 1/3 nat. Größe. (Bardeleben.)

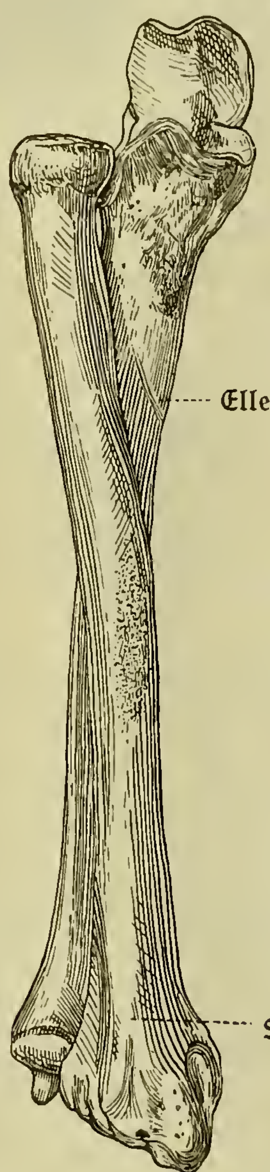


Abb. 96. Knochen des rechten Unterarmes in „Pronationsstellung". 1/3 nat. Größe. (Bardeleben.)

α) Die Elle. Die Elle besteht als Röhrenknochen aus dem Schaft, dem oberen und dem unteren Ende. Das obere Ende ist etwas verbreitert und trägt vorn den großen halbmondförmigen Ausschnitt, der quergestellt und überknorpelt ist und die Rolle des Oberarmbeines umfaßt. Der Ausschnitt wird durch zwei Erhabenheiten seiner Ränder vertieft, den am oberen Ende der Elle gelegenen Ellenbogenfortsatz und den scharf vorspringenden Hakenfortsatz. Das Ende des Ellenbogenfortsatzes ist verdickt und rauh, zum Ansatz des dreiköpfigen Unterarmstreckers. Seine vordere Spitze greift bei gestrecktem Unterarm in die Ellenbogengrube. Der Fuß des Hakenfortsatzes trägt die „Rauhigkeit der Elle" zum Ansatz des inneren Armmuskels, seine laterale Seite den kleinen halbmondförmigen Ausschnitt, in dem sich das Köpfchen der Speiche dreht. Der Schaft der Elle zeigt eine laterale, der Speiche zugekehrte, scharfe Kante. Das untere Ende der Elle, das Köpfchen, sendet an seiner medialen Seite den Griffelfortsatz nach der Hand zu. Die untere Fläche des Köpfchens ist zur

Gelenkverbindung mit der Hand überknorpelt, sein lateraler Rand gleichfalls. Er paßt in den Ausschnitt am unteren Ende der Speiche hinein.

β) Die Speiche. Die Speiche ist etwa 2 cm kürzer als die Elle und besteht ebenfalls aus Schaft, oberem Ende und unterem Ende. Das obere Ende, „das Köpfchen", ist durch den eingeschnürten Hals vom Schaft getrennt und hat etwa die Form eines Tuschenäpfchens. Es hat demnach einen breiten Rand und oben eine seichte Delle, die beide überknorpelt sind, die Delle zur Gelenkverbindung mit dem Köpfchen des Oberarmbeins, der Rand zum Drehen in dem kleinen halbmondförmigen Ausschnitt der Elle. Dicht unterhalb des Halses liegt an der Vorderseite die „Rauhigkeit der Speiche" zum Ansatz für den zweiköpfigen Unterarmbeuger. Der Schaft besitzt, entsprechend der Elle, eine mediale, der Elle zugekehrte, scharfe Kante. Das untere Ende der Speiche ist stark pyramidenförmig verdickt, so daß also die Speiche, umgekehrt wie die Elle, ein kleineres oberes, aber ein um so mächtiger entwickeltes unteres Ende hat. Die Basis der Pyramide ist der Handwurzel zugekehrt und überknorpelt. Die laterale Seite sendet einen stumpfen Höcker, den Griffelfortsatz der Speiche, nach der Hand zu, die mediale Seite trägt einen kleinen, überknorpelten Ausschnitt zur Aufnahme des Köpfchens der Elle. Die Griffelfortsätze von Elle und Speiche deuten auch am Unterarm eine Gabel oder Klammer zum Umfassen der Handwurzel an.

c) Die Knochen der Hand.

Die Hand besteht aus Handwurzel, Mittelhand und Fingern. (Abb. 97.) Man unterscheidet daher:

α) die Handwurzelknochen,
β) die Mittelhandknochen,
γ) die Fingerknochen.

α) Die Handwurzelknochen. Die Handwurzel besteht aus acht unregelmäßig gestalteten, kurzen Knochen, die von den alten Anatomen mit verschiedenen Gegenständen verglichen und danach benannt wurden. Sie sind in zwei Reihen zu je vier Knochen angeordnet. Wir beginnen Aufzählungen an der Hand stets an der Daumenseite, wie am Fuß an der Großzehenseite. Die obere Reihe der Handwurzelknochen besteht aus 1. Kahnbein, 2. Mondbein, 3. Dreieckbein, 4. Erbsenbein, die untere Reihe aus 5. großem Vieleckbein, 6. kleinem Vieleckbein, 7. Kopfbein, 8. Hakenbein. Das Merken der Namen und der Lage der Handwurzelknochen hat den praktischen Vorteil, daß man sich bei Beschreibung der Hand leichter verständigen kann. Folgendes kleine, in Medizinerkreisen überlieferte Verschen, in dem die Stichworte gesperrt sind, wird das Gedächtnis unterstützen.

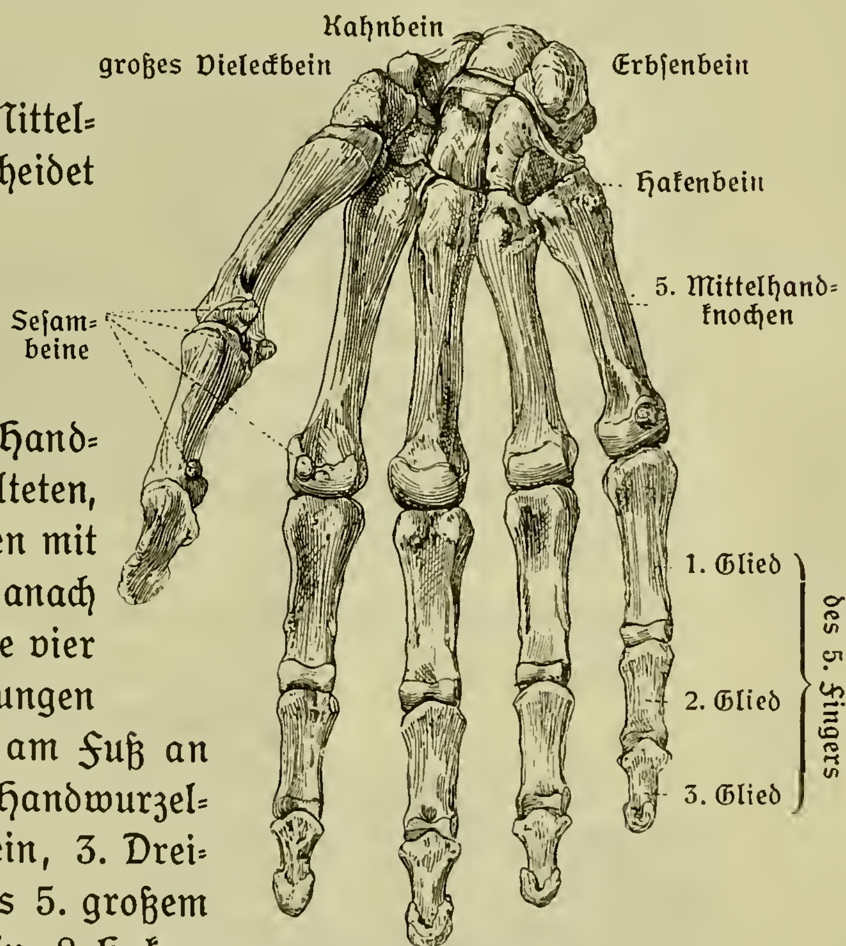


Abb. 97. Skelett der rechten Hand von der Beugeseite. 2/5 nat. Größe. (Bardeleben.)

Es fährt ein Kahn im Mondenschein
Dreieckig um das Erbsenbein.
Vieleckig groß, vieleckig klein,
Der Kopf muß bei dem Haken sein.

Auch die Handwurzelknochen bilden ein Gewölbe, das aber im Gegensatz zum Fußgewölbe nur eine quere Spannung besitzt. Das Kahnbein und große Vieleckbein springen auf der Daumenseite, das Erbsenbein und der Haken des Hakenbeins auf der Kleinfingerseite nach der Hohlhand zu stark hervor und werden lateraler und medialer Handwurzelhöcker genannt. Der mediale Handwurzelhöcker ist besonders ausgeprägt, da das Erbsenbein hohlhandwärts völlig auf das Dreieckbein gelagert ist und sich daher auch nicht an der Gelenkverbindung des Kahnbeins, Mondbeins und Dreieckbeins mit den Unterarmknochen beteiligt. Zwischen beiden Handwurzelhöckern entsteht eine Rinne, in der die Sehnen, Blutgefäße und Nerven der Hohlhand verlaufen.

β) Die Mittelhandknochen. Die Mittelhandknochen sind kleine Röhrenknochen mit Basis (oberes Ende), Mittelstück und Köpfchen (unteres Ende). Die Gelenkfläche der Basis ist eben, die Gelenkfläche des Köpfchens halbkugelig. Die Mittelstücke sind nach der Hohlhand zu leicht konkav gekrümmt. Der 2.—5. Mittelhandknochen sind an Basis und Köpfchen fest miteinander verbunden und lassen die Zwischenknochenräume zwischen sich.

Der erste Mittelhandknochen ist kürzer und dicker als die übrigen. Er ist nicht mit dem zweiten Mittelhandknochen, sondern gelenkig mit dem großen Vieleckbein verbunden. Der Daumen kann daher im Gegensatz zur großen Zehe nach verschiedenen Richtungen frei bewegt werden.

γ) Die Fingerknochen. Die Fingerknochen haben mit Ausnahme des Daumens drei Glieder, Grundglied, Mittelglied und Nagelglied, der Daumen nur Grundglied und Nagelglied. Die Fingerknochen haben eine ähnliche Form wie die Mittelhandknochen und sind wie diese nach der Hohlhandseite schwach konkav gekrümmt, um das Zugreifen zu erleichtern. Die Nagelglieder haben an der Handrückenseite eine hufförmige Platte, die den Nagel trägt.

2. Gelenke, Bänder und Bewegungen der oberen Gliedmaßen.

A. Der Schultergürtel.

a) Das Brustbein-Schlüsselbeingelenk.

Das Brustbein-Schlüsselbeingelenk ist das einzige Gelenk, das die oberen Gliedmaßen mit dem Rumpf verbindet. Seine Gelenkflächen haben verschiedene Form. Die Gelenkkapsel ist zwar fest, aber verhältnismäßig weit und gestattet daher Bewegungen im wesentlichen um eine sagittale und eine senkrechte Achse. (Abb. 98.)

1. Die Bewegung um die sagittale Achse besteht im Heben und Senken. Das Unterschlüsselbeinband gestattet ein Heben um 25—30°. Das Senken wird noch früher durch das Anstoßen an die erste Rippe begrenzt. 2. Die Bewegung um die senkrechte Achse besteht in Vorwärts- und Rückwärtsführen des Schlüsselbeins. Die Gelenkkapsel gestattet in jeder der beiden Richtungen eine Bewegung von etwa 25°. Die Rückwärtsbewegung würde ohnedies durch Anstoßen des Schlüsselbeins an die

erste Rippe begrenzt werden. Gerade an der Stelle, wo das Schlüsselbein bei starker Rückwärtsbewegung an die erste Rippe anstößt, kreuzen die Armarterie und Armvene bei ihrem Austritt aus dem Brustkorb zwischen dem vorderen und mittleren Rippenhalter (s. S. 74) die erste Rippe. Sie werden daher durch ausgiebige Rückwärtsbewegung des Schlüsselbeins gegen die erste Rippe gepreßt, was den Zufluß und Abfluß des Blutes zum Arm verhindert und den Puls der betreffenden Seite unterdrückt. Die Weite der Gelenkkapsel gestattet auch eine Bewegung des Schlüsselbeins in den Zwischenrichtungen und ein Kreisen des lateralen Endes um das Brustbein-Schlüsselbeingelenk. Das Gelenk enthält eine dicke, knorpelige Zwischenscheibe, die Stöße von dem Arm her abschwächt.

Der Seitenteil des Schultergürtels, „die Schulter", sowie das ganze Schulterblatt müssen sich natürlich an den Bewegungen des Schlüsselbeins beteiligen. Diese Bewegungen können sich um so glatter vollziehen, als der laterale Winkel des Schultergürtels nicht starr ist, sondern sich durch Verschiebung den Bewegungen anpassen kann. Dies geschieht im

b) Schlüsselbein-Schulterblattgelenk.

Dies Gelenk hat ebene Gelenkflächen, aber eine nicht sehr straffe Gelenkkapsel. (Abb. 98.) Es gestattet 1. seitliche Verschiebungen, um den lateralen Winkel des Schultergürtels den jeweiligen Bewegungen anzupassen, 2. eine Drehung des Schulterblattes um eine durch den lateralen Schulterblattwinkel gelegte, sagittale Achse. Dabei wird der untere Schulterblattwinkel lateralwärts oder medialwärts, der mediale Schulterblattwinkel nach unten oder oben in einem Kreisbogen verschoben. Die Drehung findet für gewöhnlich nur in Verbindung mit Bewegungen des Schlüsselbeines statt, kann aber durch besonderen Willensakt auch für sich ausgeführt werden.

c) Die Bänder des Schultergürtels.

Zur Verstärkung des Brustbein-Schlüsselbeingelenkes verläuft α) das schon erwähnte Unterschlüsselbeinband von dem Schlüsselbein zum Knorpel der 1. Rippe. Die Verbindung zwischen Schlüsselbein und Schulterblatt wird durch β) das Rabenschlüsselbeinband verstärkt, das vom Rabenschnabelfortsatz zum lateralen Ende des Schlüsselbeines verläuft. Besonders wichtig ist γ) das Rabenschulterblattband. Es verbindet die Schulterhöhe mit dem Rabenschnabelfortsatz, wodurch ein richtiges Schutzdach für das Schultergelenk, das Schultergewölbe, entsteht.

d) Der Schultergürtel als Ganzes.

Die Schlüsselbeine und Schulterblätter beider Seiten bilden mit dem Handgriff des Brustbeines einen vorn geschlossenen, hinten weit klaffenden Ring, den Schulterring oder Schultergürtel. Er wird durch die beiden Rautenmuskeln geschlossen, die gleichzeitig die hintere Verbindung des Schultergürtels mit dem Rumpf herstellen. (Abb. 98 u. 104.) Die freie Beweglichkeit des Schultergürtels gegen den Rumpf im Brustbein-Schlüsselbeingelenk wird erst durch diese mus-



Abb. 98. Der Schultergürtel in der Ansicht von oben (schematisch).

kulöse (anstatt sehnige oder gelenkige) Verbindung ermöglicht und durch die innere Beweglichkeit des Schultergürtels in den beiden Schlüsselbein-Schulterblattgelenken noch vermehrt.

Der Schultergürtel besteht aus einem nach hinten gewölbten Rückenteil und einem nach vorn gewölbten Brustteil, die beiderseits unter einem Winkel von etwa 45° zusammenstoßen. Er ist dem Brustkorb wie der Rückenteil eines Panzers (die Schulterblätter mit Rautenmuskeln) aufgelagert, der vorn über der Brust nur durch eine schmale Spange (die Schlüsselbeine) festgehalten wird. Die Gelenkgruben für das Schultergelenk liegen an den beiden Seitenrändern dieses Panzers unmittelbar an seinem oberen Rande und sehen schräg nach lateral und vorn.

Der Oberarm ist also mit dem Rumpf durch drei Gelenke, das Schultergelenk, das Schlüsselbein-Schulterblattgelenk und das Brustbein-Schlüsselbeingelenk, verbunden, während der Oberschenkel nur durch das eine Hüftgelenk mit dem Rumpf in Verbindung steht. Schon daraus ergibt sich die größere Beweglichkeit des Oberarmes, die weiter durch die größere Beweglichkeit des Schultergelenkes erhöht wird.

Das Schlüsselbein liegt in der Ruhestellung des Schultergürtels in Höhe des 2. Brustwirbels in einer nahezu wagerechten Ebene, das laterale Ende und damit die Schulter vielleicht etwas höher als das mediale Ende. Das Schlüsselbein weicht in der beschriebenen Ebene von einer queren Achse etwa 20° nach hinten ab. Die obere Grenze des Schulterblattes liegt dabei in Höhe des medialen Schlüsselbeinrandes, der untere Winkel in Höhe des 7.—8. Brustwirbels oder der 8. Rippe, während die medialen Ränder etwa 12—14 cm auseinanderliegen. Doch kommen schon normalerweise Unterschiede vor. Die beschriebene Ruhestellung findet sich bei kräftig gebauten Menschen, während der Brustkorb und damit die Schultern des schwächeren Menschen tiefer stehen. Die Unterschiede werden weiter durch größere oder geringere Ausbildung der Muskeln des Schultergürtels beeinflußt. Die Muskeln sind beim muskelkräftigen Menschen in einer gewissen Spannung und halten die Schultern etwas gehoben, so daß diese höher als bei Menschen mit unausgebildeten Muskeln stehen. Die Unterschiede werden durch krankhafte Veränderungen noch ausgesprochener. Der konstitutionelle Schwächling mit seinem herabgesunkenen Brustkorb und schwachen Muskeln hat hängende Schultern und damit einen lang erscheinenden Hals. Der muskelstarke Mensch oder der Asthmatiker (s. S. 65) mit seinem faßförmigen Brustkorb trägt die Schultern hoch und hat scheinbar einen kürzeren Hals. Diese Unterschiede in der Stellung des Schultergürtels sind sehr bezeichnend. Sie und die damit zusammenhängende Nackenschulterlinie ermöglichen nach Pfeiffer im wesentlichen allein das Erkennen eines Menschen von hinten.

Aber auch die Abweichung des Schlüsselbeines von der erwähnten queren Achse ist individuell verschieden. Die Schultern fallen bei gebeugter Wuchsform oder bei flacher Brust meist nach vorn, die straffe Wuchsform zeigt zurückgenommene Schultern mit größerer Abweichung des Schlüsselbeines von der Querachse. Das tritt bei fettleibigen Personen in höchstem Grade hervor. Sie nehmen den Schultergürtel und die Arme als Gegengewicht gegen den Bauch weiter zurück und gleichen so die Verlegung des Schwerpunktes wieder aus.

B. Bewegungen des Schultergürtels.

Die Bewegungen des Schultergürtels bestehen a) in Heben der Schulter, das oft mit Drehen des Schulterblattes verbunden ist, b) in Vorwärtsbewegen der Schulter und c) in Rückwärtsbewegen der Schulter. Jede dieser Bewegungen kann 1. für sich ausgeführt werden oder 2. als Mitbewegung zwecks ausgiebigerer Bewegung des Oberarmes.

a) **Das Heben der Schulter** geschieht im Brustbein-Schlüsselbeingelenk, wobei der laterale Teil des Schultergürtels einen Kreisbogen nach oben medial beschreibt und die Schulterhöhe durch Drehen des Schulterblattes im Schlüsselbein-Schulterblattgelenk noch weiter gehoben werden kann. (Abb. 99.) 1. Die Bewegung wird für sich ausgeführt, doppelseitig oder einseitig, beim Achselzucken oder beim Tragen einer schweren Last und 2. als Mitbewegung zwecks ausgiebigerer Hebung des Oberarmes. Beide Bewegungen zusammen ergeben eine Gesamtdrehung von etwa 40°. Dabei muß die sonst etwa senkrecht stehende Gelenkgrube des Schultergelenkes in eine schräge, von oben medial nach unten lateral verlaufende Richtung, die von der senkrechten ebenfalls etwa 40° abweicht, gebracht werden. Der Oberarm kann dadurch um weitere 40° gehoben werden.

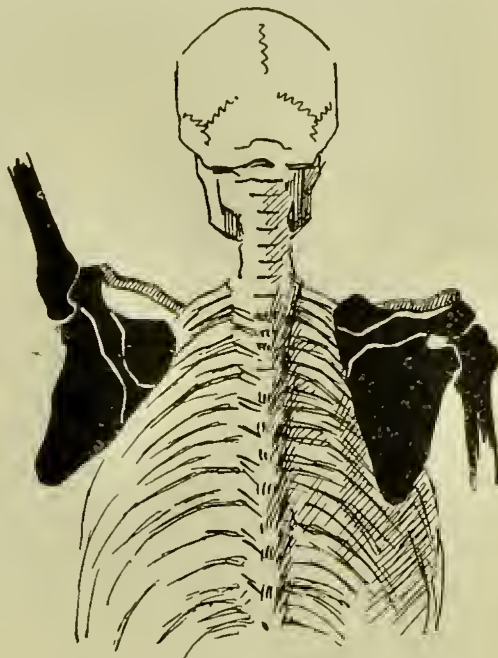


Abb. 99. Die Mitbewegung des Schultergürtels beim Heben des Armes.

Der Schultergürtel wird bei jeder Einatmung durch den Brustkorb mit gehoben, bei jeder Ausatmung gesenkt. Das ist von großer Bedeutung, da der Schultergürtel den Ansatz der Arme bildet. Er muß nämlich festgestellt, d. h. die Atmung angehalten werden, sobald die Arme eine Kraftleistung vollbringen sollen, ein physiologischer Vorgang, der uns noch eingehend beschäftigen wird.

b) **Das Vorwärtsbewegen der Schulter** besteht in Vorwärtsbewegung des Schlüsselbeines im Brustbein-Schlüsselbeingelenk, wobei im Schlüsselbein-Schulterblattgelenk anpassende Verschiebungen stattfinden. So kann das Schulterblatt an der Brustkorbwand nach vorn gleiten, wodurch seine laterale Seite und damit die Gelenkpfanne des Schultergelenkes noch mehr schräg vorwärts gekehrt wird. (Abb. 98.) 1. Die Bewegung wird für sich beim Stemmen der Schulter gegen eine Last, z. B. beim Staken der Schiffer, ausgeführt, 2. als Mitbewegung zwecks ausgiebigerer Führung des Oberarmes nach vorn.

c) **Das Rückwärtsbewegen der Schulter** besteht in entsprechender Rückwärtsbewegung des Schlüsselbeines im Brustbein-Schlüsselbeingelenk, wobei ebenfalls anpassende Verschiebungen im Schlüsselbein-Schulterblattgelenk stattfinden. So gleitet das Schulterblatt am Brustkorb nach hinten und nähert sich der Wirbelsäule. Dabei wird seine laterale Kante und damit die Gelenkpfanne des Schultergelenkes nun nicht etwa schräg nach hinten, sondern infolge der Brustkorbkrümmung nur etwa gerade seitlich gekehrt. 1. Die Bewegung wird für sich ausgeführt bei Annahme der strammen Haltung: „Brust heraus!" 2. als Mitbewegung zwecks ausgiebigerer Führung des Oberarmes nach hinten.

Die beschriebene Stellung der Gelenkpfanne beim Vorwärtsbewegen und Rückwärtsbewegen des Schultergürtels ergibt von selbst die Möglichkeit einer ausgiebigeren

Bewegung der Arme nach vorn als nach hinten, selbst wenn im Schultergelenk die gleiche Beweglichkeit in beiden Richtungen vorhanden wäre. Das entspricht auch nur den Bedürfnissen des praktischen Lebens, da wir die Hände im wesentlichen an der Brustseite und nicht an der Rückenseite des Körpers benutzen. Die Bewegungen des Schulterblattes und besonders des Schlüsselbeines können unter der Haut abgetastet werden.

C. Das Schultergelenk.

Das Schultergelenk wird von der Gelenkpfanne am lateralen Winkel des Schulterblattes und dem Oberarmkopf gebildet, deren ungleiche Krümmung auch durch einen Knorpelring am Rande der Gelenkpfanne noch nicht ausgeglichen wird, so daß die kleine Gelenkpfanne den Oberarmkopf in keiner Weise umschließt. Daher kann der Oberarm, besonders bei der Weite der Gelenkkapsel, nach allen Richtungen in ausgiebiger Weise bewegt werden, bis er an irgendeinen Teil unseres Körpers anstößt oder die Kapsel doch schließlich zu sehr gespannt wird. (Abb. 100.)

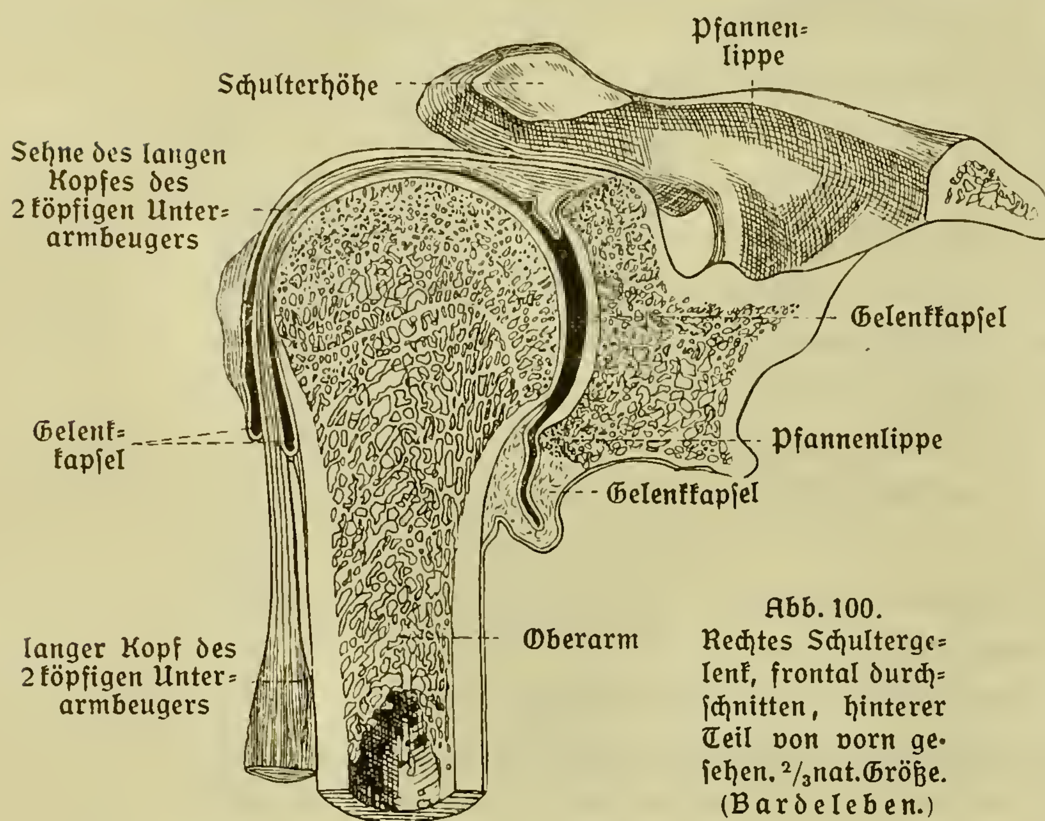


Abb. 100. Rechtes Schultergelenk, frontal durchschnitten, hinterer Teil von vorn gesehen. 2/3 nat. Größe. (Bardeleben.)

Die freie Beweglichkeit des Gelenkes bedingt natürlich eine geringere Festigkeit. Daher sind Verrenkungen im Schultergelenk überaus häufig. Nur Verrenkungen nach oben werden durch das überragende Schultergewölbe verhindert. Das Hinaustreten des Gelenkkopfes nach unten ist durch feste Verstärkungsbänder der Kapsel erschwert, außerdem findet das Schultergelenk durch die darüberziehenden Muskeln Halt. Daher tritt der Gelenkkopf am häufigsten schräg nach unten vorn aus der Kapsel heraus.

D. Bewegungen des Oberarmes im Schultergelenk.

Der Oberarm kann im Schultergelenk um drei Achsen bewegt werden. a) Die unwillkürlichen Pendelbewegungen des Oberarmes im Gehen erfolgen um eine wagerechte, zum Körper quergestellte Achse, die Pendelachse, und zwar in einer dazu senkrecht stehenden Ebene, der Pendelebene, die natürlich eine durch das Schultergelenk gelegte Sagittalebene ist. b) Das Seitwärtsheben und Senken (Abduktion und Adduktion) des Oberarmes erfolgt ebenfalls um eine wagerechte Achse, die zu der Pendelachse senkrecht steht und Abduktionsachse genannt wird. Die Ebene, in der die Abduktion und Adduktion des Oberarmes stattfindet, heißt Abduktionsebene und muß natürlich zur Pendelebene senkrecht stehen, also die durch das Schultergelenk gelegte Frontalebene des Körpers sein. c) Der Oberarm kann schließlich um eine nahezu mit seiner Längsachse zusammenfallende Achse auswärts und einwärts gedreht werden.

a) **Die Pendelbewegungen des Oberarmes.** Der Oberarm kann in der Pendel-

ebene innerhalb eines Kreisbogens von etwa 150° bewegt werden, und zwar entfallen davon etwa 110° auf das Vorwärtsheben, 40° auf das Rückwärtsheben des Armes. Der Arm kann also nach vorn etwas höher als wagerecht gehoben werden. Dann stoßen die Höcker des Oberarmbeines an das das Schultergelenk überragende Schultergewölbe, das zwecks weiterer Hebung des Armes durch die Seite 127 beschriebene Hebung des Schultergürtels und Auswärtsdrehung des Schulterblattes um etwa 40° medialwärts verschoben wird, wobei gleichzeitig die Gelenkpfanne um ebenso viel in eine schräge, von oben medial nach unten lateral verlaufende Richtung gebracht wird. Diese Verschiebung des Schultergewölbes und der Gelenkpfanne genügt aber nicht zu weiterer Hebung des Armes in der Pendelebene. Der Oberarm weicht vielmehr allmählich lateral um etwa 30° von der Pendelebene ab. (Abb. 99.) Eine Weiterbewegung des Armes in der Pendelebene wird nur durch Seitwärtsbeugen der Wirbelsäule nach der entgegengesetzten Seite ermöglicht, wobei das Schulterblatt mitgeht. Dann kann der Arm bis zur senkrechten Stellung nach oben gehoben werden, was also nur einseitig, nicht doppelseitig geschehen kann.

Das Rückwärtsheben des Armes kann durch Vornüberdrehen des Schulterblattes etwas gesteigert werden.

b) **Die Abduktion und Adduktion des Oberarmes.** Der Oberarm hängt in der Ausgangshaltung für die eigentliche Abduktion, d. h. das Seitwärtsheben, senkrecht herab. Die Adduktion kann in dieser Haltung nur bis zur Ausgangshaltung zurück erfolgen, weil der Arm dann an den Körper stößt. Die Ausgiebigkeit des Schultergelenkes für diese Bewegung ist aber größer, was sich sofort zeigt, sobald wir den Begriff Abduktion und Adduktion weiter fassen. Jede Stellung des Armes in der Pendelebene kann nämlich als Ausgangshaltung und die dann erfolgende, zur Pendelebene senkrechte Bewegung als Abduktion bzw. als Adduktion gelten. Man stellt sich am besten die ursprüngliche Abduktionsebene als eine runde Scheibe vor, die um die Pendelebene nach vorn oder nach hinten gedreht werden kann. Die Ebene, in der die Scheibe dann anhält, entspricht der jedesmaligen Abduktionsebene, in der die Abduktion und Adduktion des Oberarmes innerhalb eines Kreisbogens von ebenfalls etwa 150° erfolgen kann. Davon entfallen etwa 110° auf die Abduktion, etwa 40° auf die Adduktion über die Ausgangshaltung hinaus. Letztere ist, wie gesagt, in der ursprünglichen Abduktionsebene bei senkrecht herabhängendem Arm unmöglich und in den dieser Ausgangshaltung zunächst gelegenen Haltungen teilweise beschränkt, bis sie bei weiterer Hebung des Armes in der Pendelebene bis 40° ausgeführt werden kann. Der Arm kann nun tatsächlich aus der Vorhebhalte als Ausgangshaltung weiter als 40° über die Brust geführt werden. Dabei wird dann aber, wie das Seite 127 beschrieben wurde, der Schultergürtel vorwärts geführt und damit die Gelenkpfanne des Schultergelenkes in eine schräge Stellung nach vorn gebracht. Dann handelt es sich aber nicht mehr um Adduktion, sondern um eine Zwischenbewegung zwischen Abduktion und Pendelbewegung.

Der Oberarm kann aus senkrecht herabhängender Stellung nur um etwa 110°, also etwas über die wagerechte Stellung hinaus, seitwärts gehoben (abduziert) werden, da er dann an das über das Schultergelenk lateral hinwegragende Schultergewölbe stößt. Das Schultergewölbe wird dann durch Hebung des Schultergürtels und Drehung

des Schulterblattes um etwa 40° medialwärts verschoben, die Gelenkpfanne um ebenso viel schräg von oben medial nach unten lateral gestellt, so daß der Oberarm um 40° höher, also bis etwa 150° gehoben werden kann. (Abb. 99.) Auch diese Bewegung kann natürlich nur durch Beugung der Wirbelsäule nach der entgegengesetzten Seite, und darum nur einseitig, nicht doppelseitig, bis zur senkrecht erhobenen Stellung des Oberarmes weitergeführt werden. Die Beweglichkeit der Schultergürtelgelenke ist freilich individuell verschieden, so daß manche Menschen das Schulterblatt um mehr als 40° drehen und damit auch die Arme höher heben können, wenn nicht die stark entwickelte Schultermuskulatur daran hindert.

Der Oberarm kann über den Rücken weniger weit medialwärts geführt (adduziert) werden, da er in der Pendelebene nur 40° nach hinten gehoben werden kann, auch die unterstützende Rückwärtsbewegung des Schultergürtels, wie Seite 127 ausgeführt wurde, in geringerem Grade als die Vorwärtsbewegung möglich ist.

Der Oberarm kann außerdem von jeder Ausgangsstellung aus in allen Zwischenrichtungen bewegt und durch Verbindung der verschiedenen Richtungen in kreisende Bewegungen versetzt werden. Die Beweglichkeit ist so groß, daß man mit der Hand jede Stelle des Rückens erreichen und die Arme über der Brust übereinanderschlagen kann.

c) **Die Drehung des Oberarmes** um seine Längsachse kann in jeder Stellung, die wir dem Oberarm durch die besprochenen Bewegungen erteilen, auswärts und einwärts ausgeführt werden. Sie kann eine Ausdehnung von 120°—150° erreichen, wovon der größte Teil auf die Einwärtsdrehung entfällt.

E. Das Ellenbogengelenk.

Das Ellenbogengelenk umfaßt eigentlich drei Gelenkverbindungen, die eine gemeinsame Gelenkkapsel besitzen, und zwar die Gelenkverbindung zwischen Oberarm und Elle, die Gelenkverbindung zwischen Oberarm und Speiche und die obere Gelenkverbindung zwischen Elle und Speiche. Die letztgenannte Gelenkverbindung zwischen Elle und Speiche kann von den beiden anderen abgetrennt werden, da sie mit der Bewegung des Unterarmes gegen den Oberarm nichts zu tun hat. Die beiden anderen Gelenkverbindungen zwischen Oberarm einerseits und Elle und Speiche andererseits werden als

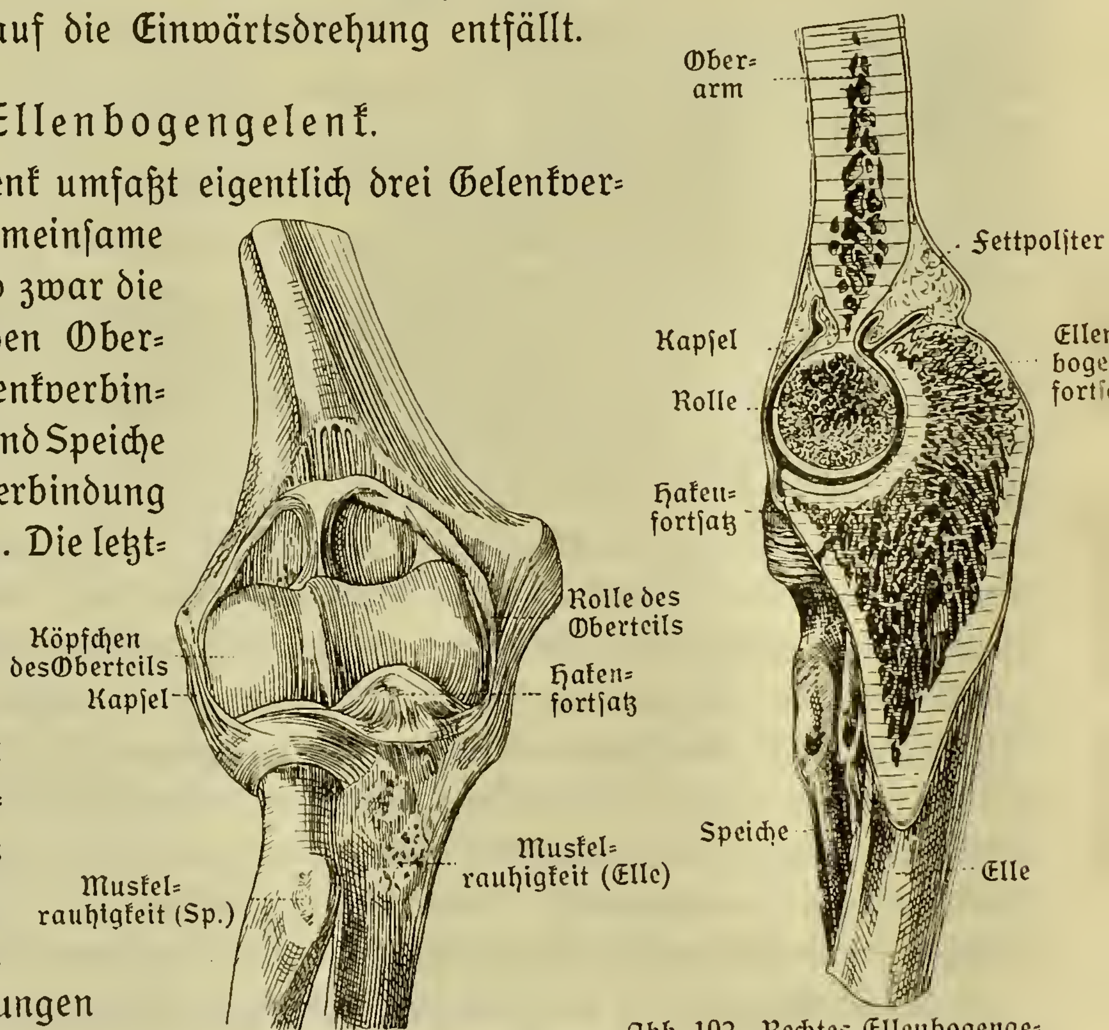


Abb. 101. Rechtes Ellenbogengelenk, von vorn. Der vordere Teil der Kapsel entfernt. $1/2$ nat. Größe. (Bardeleben.)

Abb. 102. Rechtes Ellenbogengelenk, senkrecht sagittal durchschnitten; radiale Hälfte, von der ulnaren Seite gesehen. $1/2$ nat. Größe. (Bardeleben.)

Ellenbogengelenk

zusammengefaßt, da sie ihrer Funktion nach ein Gelenk bilden. Die Rolle des Oberarmbeines tritt mit dem großen halbmondförmigen Ausschnitt der Elle, das Köpfchen des Oberarmbeines mit der seichten Delle auf dem Köpfchen der Speiche in Verbindung. Das Ellenbogengelenk als Ganzes ist ein Scharniergelenk, nur steht die Drehachse, entsprechend der Form des Gelenkfortsatzes des Oberarmbeines, nicht senkrecht zur Längsachse des Oberarmbeines und des Unterarmes, sondern bildet mit ihnen lateralwärts einen Winkel von 81° (nach Bardeleben). Daher bildet der gestreckte Unterarm mit dem Oberarm einen lateralwärts offenen Winkel von 162°, steht also zu ihm in X-Stellung. (Abb. 101 u. 91.)

Die Streckung erfolgt vollständig und wird nur durch das Anstoßen des Ellenbogenfortsatzes an die Vorderwand der Ellenbogengrube des Oberarmbeines begrenzt. Auch die Beugung ist ziemlich ausgiebig, erreicht jedoch meist nicht den im Gelenk an sich möglichen Grad, da sie vorher durch die Weichteile des Armes begrenzt wird. Sie ist also bei stark entwickelter Muskulatur geringer als bei schwach entwickelter. (Abb. 102.) Die Speiche kann in jeder Stellung des Unterarmes zum Oberarm um die Elle gedreht werden.

Das Ellenbogengelenk besitzt ein laterales und ein mediales Verstärkungsband.

F. Verbindungen der Unterarmknochen untereinander.

Elle und Speiche sind durch ein oberes und ein unteres Ellenspeichengelenk miteinander verbunden. (Abb. 103.)

a) **Das obere Ellenspeichengelenk** hat, wie schon erwähnt, eine gemeinsame Gelenkkapsel mit dem Ellenbogengelenk. Die Speiche ist an der Elle durch das Ringband beweglich befestigt. Das Ringband umfaßt den Hals der Speiche, seine beiden Enden sind an dem vorderen und hinteren Rand des kleinen halbmondförmigen Ausschnittes der Elle befestigt, so daß sich die Speiche wie ein Rad in dem Ringband drehen kann. Das Gelenk wird daher als Radgelenk bezeichnet. Dabei läuft der überknorpelte Rand des Speichenköpfchens in dem kleinen halbmondförmigen Ausschnitt der Elle.

b) **Das untere Ellenspeichengelenk** ist ebenfalls ein Radgelenk. Der halbmondförmige Ausschnitt der Speiche ist aber nur ein Ausschnitt aus dem Achsenlager des Rades und dreht sich um den medialen, überknorpelten Rand des Ellenköpfchens, das der Radachse entspricht. Die Gelenkkapsel ist weit und gestattet ein ausgiebiges Drehen der Speiche um die Elle.

c) **Bewegungen der Unterarmknochen untereinander.** Die Bewegung in den beiden Ellenspeichengelenken erfolgt stets gleichzeitig. Dabei wird die Speiche um die Elle gedreht, und zwar um



Abb. 103. Verbindungen der Unterarmknochen. Oberes u. unteres Gelenk. Membran. ⅓ nat. Größe. (Bardeleben.)

eine Achse, die das Köpfchen der Speiche mit dem Köpfchen der Elle verbindet. Auch die Elle bewegt sich, genau genommen, der Speiche etwas entgegen. Ausgangshaltung ist die Kammhaltung, bei der die Handfläche vorn bzw. oben, der Daumen lateral liegt und beide Unterarmknochen parallel verlaufen. Die Speiche kann von da aus einwärts und wieder zurück, auswärts, um die Elle gedreht werden, wobei die Hand mitgenommen wird. Die Bewegungen heißen Pronation und Supination. Die Pronation bringt die Hand in Risthaltung, wobei der Daumen an die mediale Seite, die Handfläche nach unten bzw. hinten gelangt und die Unterarmknochen sich kreuzen. Die Ausdehnung der Bewegung beträgt 180°. Wir können also die Hand durch die Drehung des Oberarmes im Schultergelenk und durch die Pronation um mehr als drei rechte Winkel um ihre Längsachse drehen, ohne daß sie selbst dabei irgendwie bewegt wird. Die Hand wird dadurch frei und ungezwungen in jede nur mögliche Lage zum Gebrauch eingestellt.

d) **Zwischenknochenband.** Der Raum zwischen der Elle und Speiche wird durch eine bindegewebige Haut, das Zwischenknochenband, ausgefüllt, von dem ebenso, wie von den Knochen selbst, Muskeln entspringen.

G. Das Handgelenk.

Das Handgelenk ist die Gelenkverbindung zwischen den beiden Unterarmknochen und den drei ersten Handwurzelknochen der ersten Reihe, da das Erbsenbein nicht in unmittelbarer Gelenkverbindung mit dem Unterarm steht. (Abb. 91.) Die Gelenkflächen der drei Handwurzelknochen haben zusammen die Form einer quergestellten Ellipse. Die Hand kann daher um zwei Achsen bewegt werden, und zwar um eine zum Unterarm quergestellte Achse nach der Handflächen- und Handrückenseite zu und um eine zu der ersten Achse senkrechten Achse nach der Daumen- und Kleinfingerseite zu. Die Bewegung nach der Handflächen- und Handrückenseite wird als Beugung und Streckung bzw. Überstreckung, die dazu senkrechte Bewegung als Seitwärtsführen der Hand bezeichnet. Eine Drehung der Hand um ihre Längsachse wird durch die Pronation und Supination des Unterarmes entbehrlich Die Beugung beträgt etwa einen rechten Winkel, wobei das Handgelenk von dem nur wenig beweglichen Gelenk zwischen erster und zweiter Reihe der Handwurzelknochen unterstützt wird. An die Streckung der Hand kann eine Überstreckung bis zu einem Winkel von etwa 45° angeschlossen werden. Die Bewegung nach der Daumen- und Kleinfingerseite beträgt zusammen etwa 80°, wovon der größere Teil auf die Kleinfingerseite entfällt. Durch Verbindung der verschiedenen Bewegungen kann Handkreisen ausgeführt werden.

Die quere Spannung der Handwurzel wird wie beim Fuß durch Bänder, im besonderen durch das tiefe Handwurzelband erhalten. Vom medialen zum lateralen Handwurzelhöcker spannt sich das quere Handwurzelband, unter dessen Schutze die Sehnen der Fingerbeuger verlaufen. (Abb. 97.)

H. Die Gelenke der Finger.

a) **Die Gelenkverbindungen** zwischen der vorderen Reihe der Handwurzelknochen und den 2.—5. Mittelhandknochen sind straff und wenig beweglich.

(Abb. 97.) Die Mittelhandknochen liegen, wie die Handwurzelknochen, in einem nach der Handfläche konkaven Querbogen angeordnet, so daß sie in der Hohlhand eine längs verlaufende Mulde bilden, die durch eine geringe Beweglichkeit der Mittelhandknochen gegeneinander und durch die Gegenstellung des Daumens noch vertieft werden kann. Auch die Mittelhandknochen werden durch Bänder an der Hohlhandfläche in dieser Lage erhalten.

b) **Das Sattelgelenk des Daumens.** (Abb. 97.) Die Gelenkfläche des großen Vieleckbeines sieht lateralwärts und etwas nach der Hohlhandseite. So steht der Mittelhandknochen des Daumens von vornherein von den übrigen Mittelhandknochen ab und etwas nach der Hohlhandseite zu. Das Gelenk zwischen großem Vieleckbein und den Mittelhandknochen des Daumens ist nach der Form seiner Gelenkflächen ein Sattelgelenk. Daher kann der erste Mittelhandknochen und damit der ganze Daumen in zwei Richtungen bewegt werden. 1. Er kann noch weiter von den übrigen Mittelhandknochen entfernt, also abgezogen und wieder angezogen werden. 2. Er kann nach der Handfläche und wieder zurück nach dem Handrücken bewegt werden. Die Bewegung nach der Hohlhand erfolgt jedoch in schräger Richtung nach den übrigen Fingern zu, so daß der Daumen dabei den übrigen Fingern zum Greifen entgegengestellt wird. Die Weite der Kapsel gestattet Zwischenbewegungen und durch Verbinden der verschiedenen Bewegungen ein Kreisen des Daumens im Sattelgelenk.

c) **Die Gelenke zwischen Mittelhandknochen und Grundgliedern der Finger.** (Abb. 97.) Die Gelenkflächen haben nahezu Kugelform. Die Finger können daher in allen Richtungen bewegt werden. Die Hauptrichtungen sind 1. Beugen und Strecken, 2. Seitwärtsbewegen beim Spreizen und nachfolgenden Schließen der Finger.

Die Beugung beträgt etwa einen rechten Winkel. Viele Menschen können an die Streckung der Finger eine Überstreckung anschließen. Die Finger können nur in gestreckter Stellung ausgiebig seitwärts bewegt werden. Diese Bewegungsmöglichkeit verringert sich bei zunehmender Beugung, bis sie gar nicht mehr vorhanden ist, eine Folge der seitlichen Verstärkungsbänder der Gelenke zwischen Mittelhandknochen und Grundgliedern. Diese Bänder liegen nämlich näher am Handrücken und werden daher beim Beugen der Finger gespannt. Wir können durch Verbindung der verschiedenen Bewegungen ein Kreisen jedes einzelnen Fingers ausführen. Die Bewegungen in dem entsprechenden Gelenk des Daumens sind in jeder Richtung sehr beschränkt, wodurch der Daumen zu einem festen Widerhalt beim Zugreifen wird.

d) **Die Gelenke zwischen den einzelnen Fingergliedern.** Die Gelenke sind reine Scharniergelenke und ermöglichen daher nur Beugung und Streckung. Der Grad der Beugung beträgt etwa einen rechten Winkel, in dem Gelenk zwischen Grundglied und Mittelglied etwas mehr, in dem Gelenk zwischen Mittelglied und Nagelglied etwas weniger.

Die Zusammensetzung der Handwurzel und Mittelhand aus so vielen Knochen dient nicht nur der besseren Beweglichkeit. Kollmann macht besonders darauf aufmerksam, daß die Gefahr eines Bruches dadurch vermindert wird, der ein einziger gekrümmter Knochen von der Gestalt der Hand ausgesetzt wäre. Das gleiche gilt natürlich vom Fuß.

Zweiter Abschnitt.

Die Muskeln der oberen Gliedmaßen.

1. Die Beweger des Schultergürtels und des Oberarmes.

Wir teilen die Beweger des Schultergürtels und des Oberarmes in drei Gruppen. A. Die erste Gruppe verbindet den Schultergürtel mit dem Rumpf und bewegt den Schultergürtel. Sie besteht aus einer tiefen Schicht und dem oberflächlichen Kappenmuskel. B. Die zweite Gruppe verbindet den Schultergürtel mit dem Oberarm und bewegt den Oberarm. Sie besteht ebenfalls aus einer tiefen Schicht und dem oberflächlichen Deltamuskel. C. Die dritte Gruppe verbindet den Oberarm unmittelbar mit dem Rumpf und zieht dabei über den Schultergürtel hinweg. Sie bewegt den Oberarm und mittelbar den Schultergürtel und besteht aus zwei oberflächlichen Muskeln, dem großen Brustmuskel und dem breiten Rückenmuskel, die mit den beiden oberflächlichen Muskeln der beiden ersten Gruppen in einer Schicht liegen.

A. Muskeln, die den Schultergürtel mit dem Rumpf verbinden.

a) Tiefe Schicht.

Das Schlüsselbein wird nur durch einen besonderen Muskel, α) den Unterschlüsselbeinmuskel, mit dem Rumpf verbunden. Das Schulterblatt ist mit seiner medialen Kante zwischen zwei Muskeln gewissermaßen eingespannt, β) dem Rautenmuskel und γ) dem großen Sägemuskel, die beide von oben medial schräg nach unten lateral verlaufen. Wäre das Schulterblatt nicht im Schlüsselbein-Schulterblattgelenk befestigt, so könnte der laterale Winkel nach hinten zurückgeklappt werden, so daß das Schulterblatt den Rücken nur mit der medialen Kante berührte, im übrigen nach hinten im rechten Winkel abstünde. Der laterale Winkel wird nun δ) durch den kleinen Brustmuskel an den Rumpf herangezogen. Schließlich verhindert ε) der Schulterblattheber ein zu weites Herabsinken des Schulterblattes.

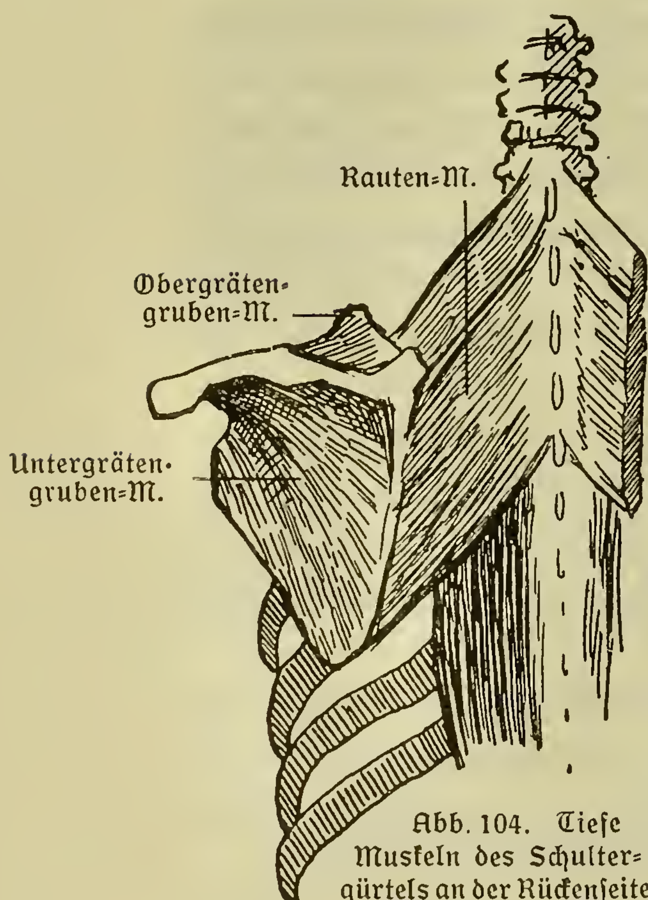


Abb. 104. Tiefe Muskeln des Schultergürtels an der Rückenseite.

α) Der Unterschlüsselbeinmuskel (M. subclavius) verläuft zwischen dem Knorpel der ersten Rippe und der unteren Fläche des Schlüsselbeines. Er ist kurz, aber sehr kräftig. Wirkung: 1. Herabziehen und Feststellen des Schlüsselbeines am Brustkorb. 2. Im Hang oder Stütz Heranziehen der ersten Rippe und damit des Brustkorbes an das Schlüsselbein und Verhinderung eines Herabsinkens des Körpers. 3. Bei festgestelltem Schlüsselbein Heben der ersten Rippe und damit des Brustkorbes. Der Muskel ist also Hilfsatemmuskel.

β) Der Rautenmuskel (M. rhomboideus) ist ein platter Muskel und entspringt breit von den Dornfortsätzen der beiden untersten Halswirbel und der vier obersten Brustwirbel. Er verläuft schräg nach unten lateral und setzt an der ganzen medialen Kante des Schulterblattes an. Er gleicht demnach einem schiefwinkligen, gleichseitigen

Parallelogramm, hat also Rautenform. Sein oberer Teil bedeckt den oberen hinteren Sägemuskel. (Abb. 104.) Wirkung: 1. Heranziehen des Schulterblattes an die Wirbelsäule in schräger, von unten lateral nach oben medial verlaufender Richtung, somit Rückwärtsziehen des gesamten Schultergürtels bei dem Befehle „Brust heraus!" 2. Bei Zusammenziehung der unteren Fasern Rückdrehung des durch den großen Sägemuskel lateralwärts gedrehten Schulterblattes, um den über die wagerechte Ebene erhobenen Arm wieder in die Ausgangsstellung zurückzubringen. Der Muskel ist in beiden Fällen Antagonist des großen Sägemuskels. 3. Bei festgestelltem Schultergürtel, z. B. in Streckstütz, Verhinderung des Rückwärtssinkens des Rumpfes. 4. Der Rautenmuskel ist als Synergist des großen Sägemuskels Hilfsatemmuskel, wie bei letzterem gezeigt werden wird.

γ) Der große Sägemuskel (M. serratus major) entspringt breit mit mehreren Zacken an der Seiten- und Hinterwand des Brustkorbes von der 2.—8. Rippe und greift dabei in die Zacken des äußeren schrägen Bauchmuskels ein, wodurch sein vorderer Rand die Form von Sägezähnen erhält. Er verläuft dann breit auf der Außenfläche des Brustkorbes zwischen Brustkorb und Schulterblatt schräg nach hinten aufwärts, läßt die Vorderfläche des Schulterblattes völlig frei und setzt schließlich mit dem Rautenmuskel am ganzen medialen Rand des Schulterblattes an. Seine unteren Fasern sind kräftiger als die oberen entwickelt. (Abb. 61, 68, 105, 108.) Wirkung: 1. Fortziehen des Schulterblattes von der Wirbelsäule am Brustkorb entlang nach unten lateral, damit Vorwärtsbewegen des ganzen Schultergürtels. 2. Bei Zusammenziehung der unteren Fasern Drehung des Schulterblattes derart, daß der untere Winkel lateralwärts, der laterale Winkel nach oben medial bewegt wird. Also Mitwirkung beim Heben des Armes über die wagerechte Ebene. In beiden Fällen ist der große Sägemuskel Antagonist des Rautenmuskels. 3. Gleichsinnige Wirkung mit dem Rautenmuskel als Hilfsatemmuskel bei Atemnot, nämlich bei Feststellung des Schulterblattes durch den Rautenmuskel und andere Muskeln Heben des Brustkorbes. 4. Bei festgestelltem Schultergürtel, z. B. bei Streckstütz, Verhinderung des Heruntersinkens des Rumpfes, wodurch der Kopf zwischen die Schultern kommen würde.

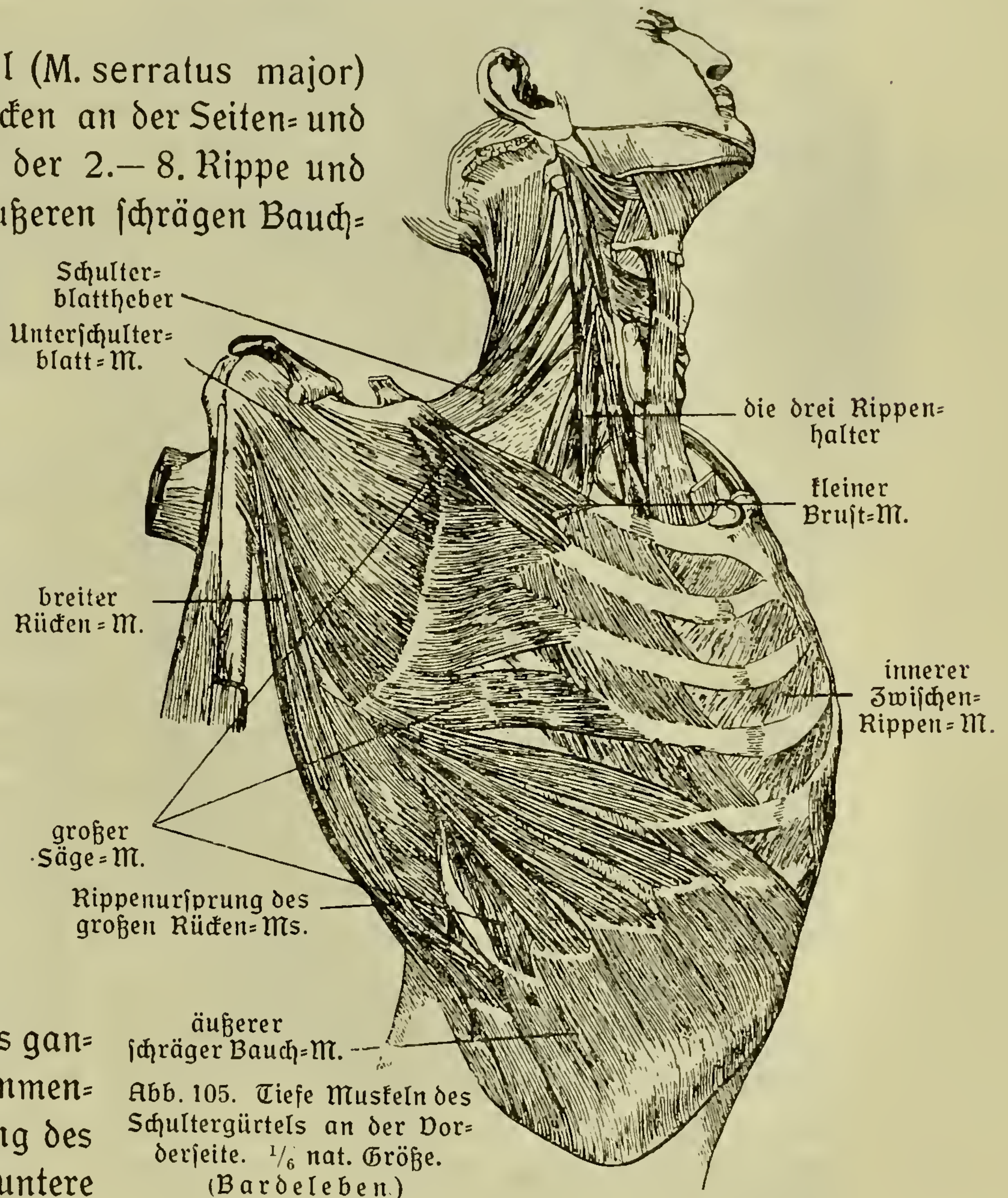


Abb. 105. Tiefe Muskeln des Schultergürtels an der Vorderseite. $^1/_6$ nat. Größe. (Bardeleben.)

δ) Der kleine Brustmuskel (M. pectoralis minor) entspringt mit drei bis vier

Zacken von der 2.—5. Rippe. Seine Fasern verlaufen, sich fächerförmig verjüngend, nach oben lateral und setzen am Rabenschnabelfortsatz an. (Abb. 105 u. 108.) Wirkung: 1. Heranziehen des lateralen Schulterblattwinkels an den Brustkorb nach unten vorn. Dadurch wird bei vorwärtsbewegtem Schultergürtel die Gelenkpfanne noch mehr schräg vorwärts gedreht zwecks ausgiebigerer Führung des Oberarms nach der Brust. 2. Bei festgestelltem Schulterblatt, z. B. im Streckstütz, Verhinderung des Herabsinkens des Rumpfes. 3. In Atemnot bei festgestelltem Schulterblatt Heben des Brustkorbes als Hilfsatemmuskel.

ε) Der Schulterblattheber (M. levator anguli scapulae) entspringt von den Querfortsätzen der obersten vier Halswirbel und setzt am medialen Schulterblattwinkel an. Er bildet, wie Seite 75 erwähnt wurde, mit den drei Rippenhaltern das Spitzdach über der oberen Brustkorböffnung. (Abb. 62 u. 105.) Wirkung: 1. Heben des medialen Schulterblattwinkels, daher Mitwirkung bei Achselzucken. 2. Mithilfe bei Feststellung des Schulterblattes, damit der große Sägemuskel als Hilfsatemmuskel wirken kann. Er ist daher selbst Hilfsatemmuskel. 3. Bei festgestelltem Schulterblatt Mithilfe bei der Beugung der Halswirbelsäule nach hinten lateral.

b) **Oberflächliche Schicht. Der Mönchskappenmuskel.**

Der Mönchskappenmuskel (M. trapezius oder cucullaris) ist ein breiter, platter Muskel von der Form einer Mönchskappe. Er entspringt vom Hinterhauptshöcker, dem Nackenbande und den Dornfortsätzen sämtlicher Brustwirbel und setzt an dem lateralen Drittel des Schlüsselbeines, an der Schulterhöhe, der Schultergräte und dem medialen Winkel des Schulterblattes an. Seine Fasern müssen daher nach den verschiedensten Richtungen verlaufen. Die oberen Fasern verlaufen nach unten lateral und vorn und gehen allmählich in die mittleren Fasern, die lateralwärts verlaufen, über. Die unteren Fasern wechseln dann ziemlich schnell die Richtung der mittleren und verlaufen steil nach oben lateral. Der Muskel hat an seinem Ursprung einen Sehnenspiegel, dessen Mittelpunkt der 7. Halswirbel bildet und der die Form des Muskels im kleinen wiedergibt. Der Kappenmuskel bedeckt den Rautenmuskel, die Nackenmuskeln und unten den oberen Teil des breiten Rückenmuskels. (Abb. 63, 106, 108.)

Der Muskel muß entsprechend seinem Faserverlauf eine überaus vielseitige Wirkung haben. Er wiederholt, teilweise in verstärktem Maße, die Wirkung aller Muskeln der tiefen Schicht, mit Ausnahme des kleinen Brustmuskels, ist also mit einem Teil seiner Fasern ihr Synergist. Andere seiner Fasern sind Antagonisten der Muskeln der tiefen Schicht oder Antagonisten eines anderen Teiles seiner eigenen Fasern.

Wirkung: 1. Bei Zusammenziehung aller Fasern Heranziehen des Schulterblattes an die Wirbelsäule und damit Zurückbewegung des ganzen Schultergürtels beim Befehl „Brust heraus!" Dabei kommen nur die mittleren Fasern und ein Teil der Kraft der oberen und unteren Fasern zur Geltung, da die übrigen Teile sich gegenseitig aufheben. Der Muskel ist somit Synergist des Rautenmuskels und Antagonist des großen Sägemuskels. 2. Bei Zusammenziehung der oberen und unteren Fasern Drehung des medialen Schulterblattwinkels nach unten lateral zwecks Hebung des Armes über die

wagerechte Ebene. Der Muskel ist damit Synergist des großen Sägemuskels, nur daß er an anderen Ecken zieht. 3. Bei alleiniger Zusammenziehung der oberen Fasern Heben der Schulter (des Schulterblattes und des Schlüsselbeines). Der Muskel ist also in gewisser Weise Synergist des Schulterblatthebers und Antagonist des Unterschlüsselbeinmuskels. 4. Bei Zusammenziehung der unteren Fasern Heranziehen des Schulterblattes an die Wirbelsäule nach unten medial, im Gegensatz zum Rautenmuskel, der nach oben medial zieht. 5. Bei Zusammenziehung der oberen Fasern Feststellung des Schultergürtels nach oben, so daß der große Sägemuskel und der kleine Brustmuskel den Brustkorb heben können. Der Muskel ist also Hilfsatemmuskel. 6. Bei festgestelltem Schultergürtel in Streckstütz und Hang Herbeiführung einer guten Haltung des Oberkörpers. 7. Die oberen und unteren Fasern sind in gewissem Sinne gegenseitige Antagonisten. 8. Der Kappenmuskel vermag infolge seines Ursprungs bei festgestelltem Schultergürtel die Bewegungen der Wirbelsäule zu beeinflussen. Wenn die Arme durch andere Muskeln in weitem Bogen herumgeführt werden, wirken sie durch Vermittlung des Kappenmuskels und breiten Rückenmuskels als mächtige Hebel besonders kräftig auf die Wirbelsäule. Das machen sich verschiedene Systeme des orthopädischen Turnens, in besonders zweckvoller Weise die Klappschen Kriechübungen zunutze.

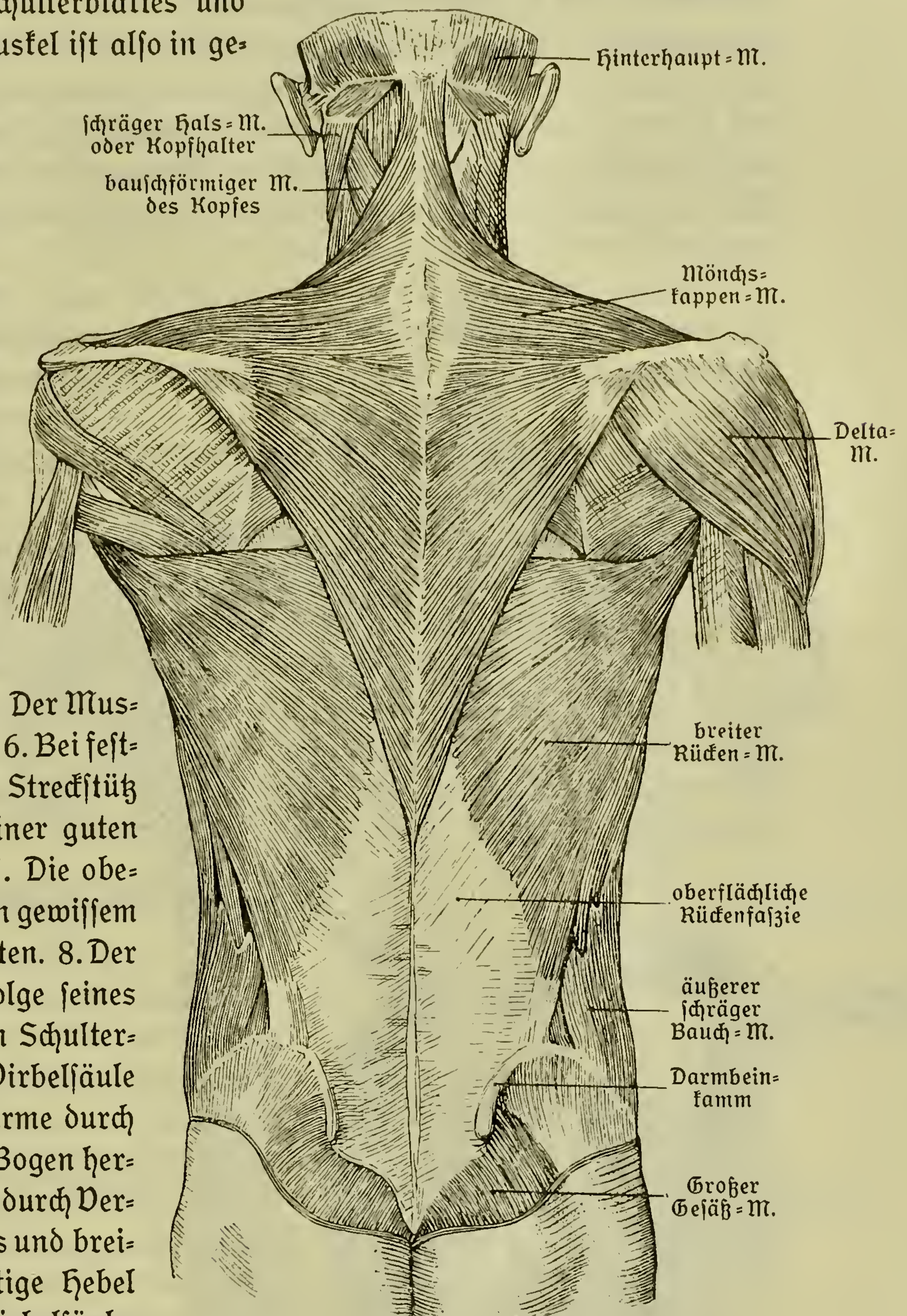


Abb. 106. Oberflächliche Beweger des Oberarmes und Schultergürtels der Rückenseite. $^1/_6$ nat. Größe. (Bardeleben.)

B. Muskeln, die den Schultergürtel mit dem Oberarm verbinden.

a) Tiefe Schicht.

Die Muskeln der tiefen Schicht sind α) der Unterschulterblattmuskel, β) der Obergrätengrubenmuskel, γ) der Untergrätengrubenmuskel und δ) der Rabenarmmuskel.

Der Unterschulterblattmuskel ist Einwärtsroller des Oberarmes, Ober- und Untergrätengrubenmuskel sind Auswärtsroller, also Antagonisten des ersteren. Unterschulterblattmuskel und Untergrätengrubenmuskel wirken aber auch als Synergisten, da sie bei gemeinsamer Zusammenziehung den seitlich erhobenen Oberarm herabziehen können. Dabei sind sie Antagonisten des Obergrätengrubenmuskels, der in geringem Grade den Oberarm heben kann. Der Rabenarmmuskel ist Anzieher des Oberarmes. Alle vier Muskeln kommen vom Schulterblatt, können also nur wirken, wenn das Schulterblatt durch andere Muskeln (die Muskeln der ersten Gruppe) festgestellt ist. (Abb. 105, 107, 108, 109.)

α) Der Unterschulterblattmuskel (M. subscapularis) entspringt breit von der ganzen Vorderfläche des Schulterblattes. Seine Fasern fließen nach oben lateral zusammen und setzen am kleinen Oberarmhöcker und dem oberen Teil der Kleinhöckerleiste an.

β) Der Obergrätengrubenmuskel (M. supraspinatus) entspringt aus der Obergrätengrube und setzt am großen Oberarmhöcker an.

γ) Der Untergrätengrubenmuskel (M. infraspinatus) entspringt aus der Untergrätengrube. Seine Fasern fließen nach oben lateral zusammen und setzen am großen Oberarmhöcker und an dem oberen Teil der Großhöckerleiste an.

Die Wirkung der drei Muskeln ist bereits besprochen.

δ) Der Rabenarmmuskel (M. coracobrachialis) entspringt vom Rabenschnabelfortsatz und zieht als dünne Spindel zur Mitte der medialen Fläche des Oberarmes. Wirkung: Der Muskel ist der eigentliche, aber schwache Anzieher des Oberarmes. Bei festgestelltem Schulterblatt umgekehrt Heranzieher des Rumpfes an den Oberarm.

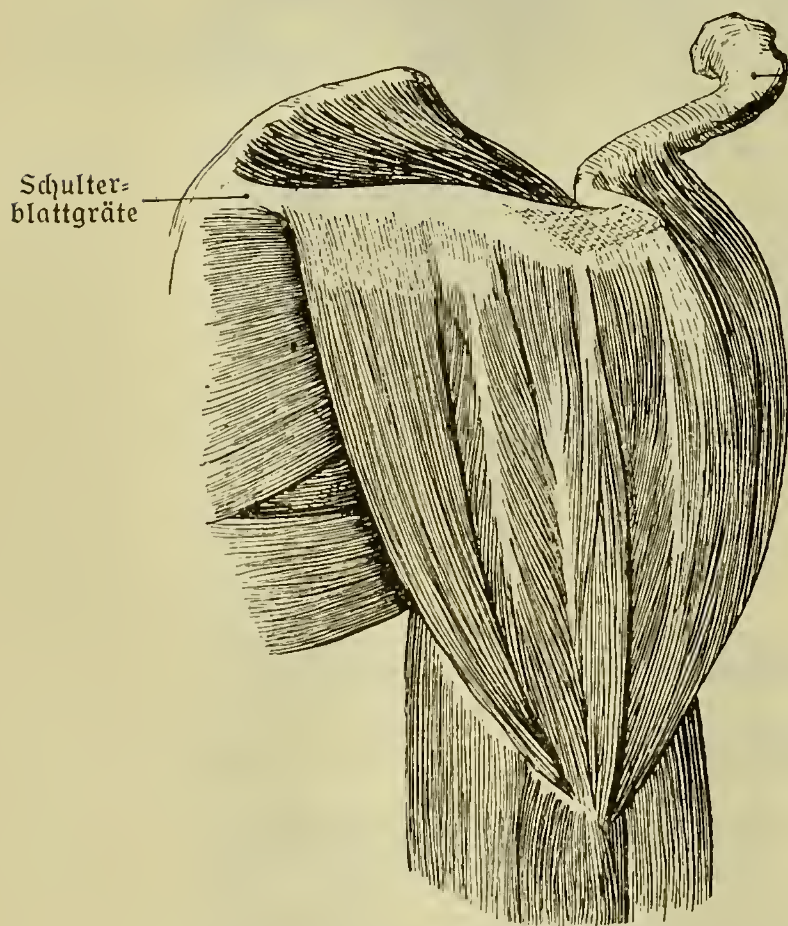


Abb. 107. Der Deltamuskel der rechten Seite, von hinten u. außen gesehen. 1/3 nat. Größe. (Bardeleben)

b) Oberflächliche Schicht. Der Deltamuskel.

Der Deltamuskel (M. deltoideus) entspringt vom lateralen Drittel des Schlüsselbeines, von der Schulterhöhe und der gesamten Schultergräte, also genau gegenüber dem Ansatz des Kappenmuskels, und setzt, sich fortlaufend verjüngend, an der Rauhigkeit des Oberarms an. Er ist demnach eigentlich die Fortsetzung der oberen und mittleren Fasern des Kappenmuskels. Die vorderen Fasern beider Muskeln gehen denn auch nach Hyrtl bei Tieren ohne Schlüsselbein unmittelbar ineinander über. Die Zwischenlagerung des Schlüsselbeines und Schulterblattes ist beim Menschen notwendig, da ein einziger Muskel bei der umfangreichen Bewegung des Oberarmes einen dicken, hinderlichen Muskelwulst auf der Schulter bilden würde. Der Deltamuskel deckt das Schultergelenk wie ein Schutzdach und hat Ähnlichkeit mit den Schwalbennestern der Militärmusiker. (Abb. 63, 106, 107, 108.)

Wirkung: 1. Bei Zusammenziehung aller Fasern Abziehen, d. h. seitliches Heben des Armes um etwa 110°, bis etwas über die wagerechte Ebene hinaus, wobei besonders die mittleren Fasern tätig sind. 2. Bei alleiniger Zusammenziehung der vorderen Fasern Heben des Armes in der Pendelebene nach vorn um etwa 110°, wobei die oberen Fasern des großen Brustmuskels mithelfen. Die weitere Hebung geschieht in beiden Fällen durch Drehung des Schulterblattes durch Kappenmuskel und großen Sägemuskel. 3. Bei alleiniger Zusammenziehung der hinteren Fasern Heben des Armes in der Pendelebene nach hinten um etwa 40°. 4. Bei festgestelltem Oberarm, z. B. in Handstand, Balancieren des Schultergürtels und damit des Rumpfes.

C. Muskeln, die den Oberarm unmittelbar mit dem Rumpf verbinden.

a) **Der große Brustmuskel** (M. pectoralis major) ist ein platter Muskel. (Abb. 108.) Er entspringt von den medialen zwei Dritteln des Schlüsselbeines, vom Brustbein und den oberen sechs Rippen, sowie von der Scheide des geraden Bauchmuskels. Die Fasern fließen strahlenförmig zur Achselhöhle zusammen und bilden die Vorderwand der Achselhöhle. Sie sind dort strangartig umeinander gedreht, wodurch der untere Rand deutlich fühlbar wird. Die kurze Sehne setzt schließlich an der Großhöckerleiste des Oberarmes handbreit unter dem großen Oberarmhöcker an. Der große Brustmuskel bedeckt den kleinen Brustmuskel vollständig und zieht vorn über den oberen Teil des zweiköpfigen Unterarmbeugers hinweg. Sein oberer seitlicher Rand wird vom vorderen Rand des Deltamuskels durch einen deutlichen Spalt, die Mohren=

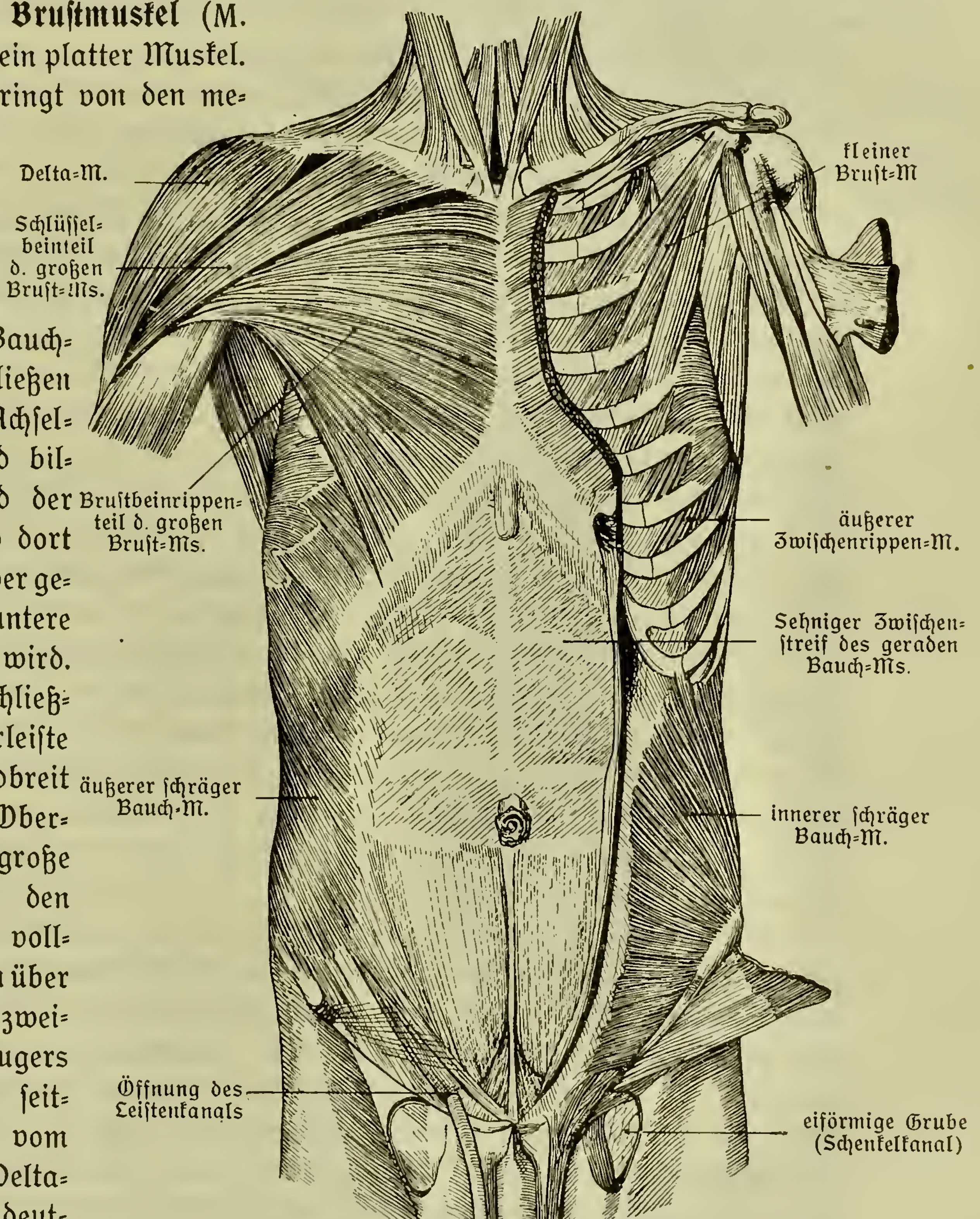


Abb. 108. Beweger des Oberarmes und Schultergürtels der Brustseite und die Bauchmuskeln. $^1/_6$ nat. Größe (Bardeleben.)

heimsche Grube, getrennt, in deren Tiefe die großen Blutgefäße und Nerven der oberen Gliedmaßen liegen.

Wirkung: 1. Bei alleiniger Zusammenziehung der oberen Fasern Heben des Armes in der Pendelebene nach vorn. 2. Bei Zusammenziehung der übrigen Fasern Herabziehen des erhobenen Armes nach vorn. (Reiterhiebe, Schwungwurf, Ohrfeigen). 3. Bei Zusammenziehung der oberen und mittleren Fasern Führen des herabhängenden oder nach hinten erhobenen Armes nach vorn (Kreuzen oder Schlagen der Arme über der Brust, Schockwurf, Herunterdrücken der Arme beim Schwimmen). 4. Einwärtsrollen des Oberarmes. 5. Mittelbar kräftige Vorwärtsbewegung des Schultergürtels, z. B. beim Stemmen der Schulter gegen eine Last, wozu die entsprechenden Muskeln der ersten Gruppe, der kleine Brustmuskel und der große Sägemuskel, nur verhältnismäßig wenig beitragen. 6. Bei festgestelltem Oberarm in Hang oder Streckstütz Heben des Brustkorbes und damit des ganzen Körpers 7. Bei festgestelltem Oberarm (Aufstützen der Arme bei Atemnot, Aufwärts- oder Seitwärtsheben der Arme bei Atemübungen) Heben des Brustkorbes als Hilfsatemmuskel. 8. In Handstand Balancieren des Rumpfes auf dem Arm.

b) **Der breite Rückenmuskel** (M. latissimus dorsi) ist ein platter Muskel und entspringt breit von den Dornfortsätzen der vier unteren Brustwirbel und sämtlicher Lendenwirbel, von der Kreuzleiste des Kreuzbeines, dem hinteren Drittel des Darmbeinkammes und den vier untersten Rippen. Er verjüngt sich nach oben lateral und setzt an der Kleinhöckerleiste des Oberarmes an, wobei er den unteren Rand der Achselhöhle bildet und seine Endsehne die Achselhöhle von hinten her durchqueren muß. (Abb. 106.) Die oberen Fasern des Muskels verlaufen fast wagerecht, die nächst tieferen werden immer schräger, bis die untersten Fasern steil nach oben lateral verlaufen. Der Muskel bildet somit ein rechtwinkliges Dreieck, dessen rechter Winkel oben an der Wirbelsäule liegt, dessen lange Kathete entlang der Wirbelsäule, dessen kurze Kathete wagerecht zur Achselhöhle und dessen Hypotenuse schräg nach oben lateral verläuft. Der mediale obere Teil ist vom Kappenmuskel bedeckt, die oberen Fasern ziehen hinten über den unteren Schulterblattwinkel hinweg. Der Muskel bildet an seinem Ursprung einen Sehnenspiegel von der Form eines Dreieckes mit lateralwärts liegender Spitze. Der Sehnenspiegel bedeckt die mächtigen Fleischmassen des unteren Teiles der Streckmuskeln des Rückens. Der breite Rückenmuskel erhält von der Hinterseite des unteren Schulterblattwinkels einen kurzen Kopf, der auch als selbständiger Muskel beschrieben und großer Rollmuskel genannt wird.

Wirkung: 1. Herabziehen, also Anziehen des erhobenen Armes nach hinten. Bei gleichzeitiger Wirkung mit dem großen Brustmuskel kräftiges Anziehen in der ursprünglichen Abduktionsebene. 2. Heben des herabhängenden Armes nach hinten, um die Arme über dem Rücken zu kreuzen oder um einen Gegenstand aus der hinteren Rocktasche zu holen oder den Rücken selbst zu massieren. 3. Halten des Körpers bei Wage vorlings oder rücklings wie in einem Schwimmgurt, oder bei Streckstütz oder Hang. 4. Rückwärtsführen des Armes bei Schwungholen zum Wurf. 5. Bei allen diesen Bewegungen mittelbar Rückwärtsbewegen des Schultergürtels. 6. Kräftiges Einwärtsrollen des Oberarmes, da der Muskel durch die Achselhöhle und nicht um den Arm

herum nach der Vorderseite des Armes gelangt. 7. Bei festgestelltem Oberarm, z. B. bei Atemnot, Heben der vier untersten Rippen und damit des Brustkorbes als Hilfsatemmuskel. 8. Bei festgestelltem oder durch andere Muskeln erhobenen Oberarm Wirkung auf die Bewegungen der Wirbelsäule, ähnlich wie der Kappenmuskel.

2. Die Beuger und Strecker des Unterarmes.

Der Unterarm kann im Ellenbogengelenk nur gebeugt und gestreckt werden. Wir haben daher nur Beuger und Strecker des Unterarmes. Beide Knochen des Unterarmes nehmen zwar im Gegensatz zum Unterschenkel an der Bildung des Ellenbogengelenkes teil, aber nur die Elle reicht bei gebeugtem Arm mit dem Ellenbogenfortsatz bis auf die Streckseite des Oberarmbeines über das Ellenbogengelenk hinweg. Mit der Beugeseite dagegen sind Elle und Speiche dauernd in Verbindung, da der Unterarm nicht überstreckt werden kann. Daher wird man nur einen Strecker für die Elle gebrauchen, dagegen mindestens je einen Beuger für Elle und Speiche. Tatsächlich haben wir drei Beuger, einen Beuger für die Elle und zwei Beuger für die Speiche.

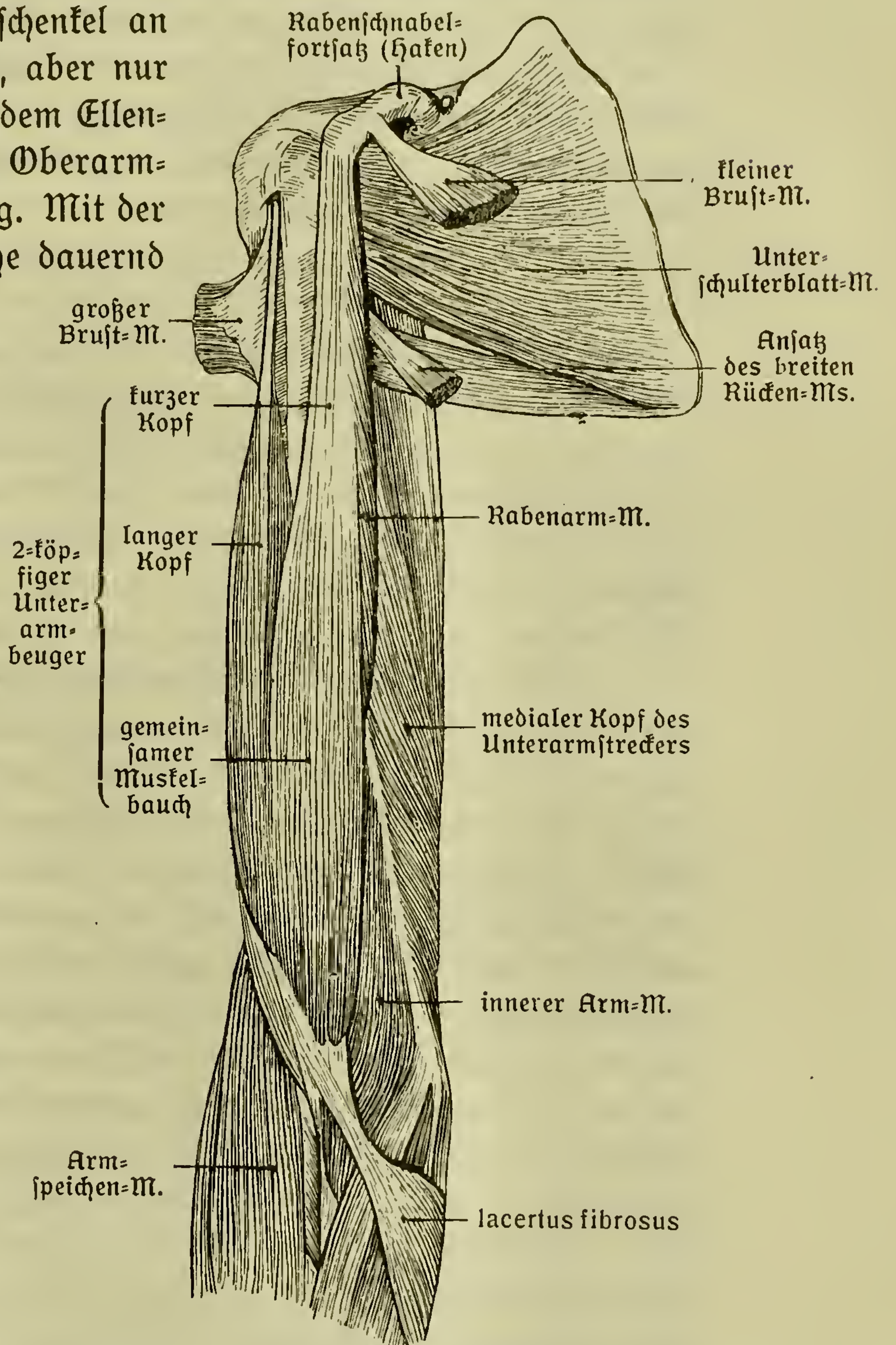


Abb. 109. Beuger und Strecker des Unterarmes, von vorn innen gesehen. $^{3}/_{10}$ nat. Größe. (Bardeleben.)

A. Der dreiköpfige Unterarmstrecker.

Der dreiköpfige Unterarmstrecker (M. triceps brachii) hat drei Köpfe, von denen zwei, der mediale und der laterale Kopf, vom Schaft des Oberarmbeines entspringen, während der lange Kopf vom Schulterblatt kommt. (Abb. 106 u. 109.)

Der mediale Kopf entspringt von der Hinterfläche des Oberarmbeines, unterhalb der dort spiralig verlaufenden Rinne. Seine Bündel verlaufen etwas schräg nach unten lateral der gemeinsamen Endsehne zu. Er wird von dem lateralen und langen Kopf fast vollständig bedeckt.

Der laterale Kopf entspringt ebenfalls an der Hinterfläche des Oberarmbeines, aber oberhalb der erwähnten Rinne, zwischen dieser und dem Ansatz des Untergrätengrubenmuskels. Seine Fasern verlaufen etwas schräg nach unten medial auf die gemeinsame Endsehne zu.

Der lange Kopf entspringt von der lateralen Kante des Schulterblattes am unteren Rande der Gelenkpfanne des Schultergelenkes, also zwischen dem Unterschulterblattmuskel und dem Untergrätengrubenmuskel. Die schnurförmige Sehne geht bald in einen starken Muskelstrang über, der durch die Lücke zwischen Untergrätengrubenmuskel und breitem Rückenmuskel an die Hinterfläche des Oberarmbeines tritt. Von dort streben die Fasern, in etwas schrägem Verlauf nach unten lateral, der gemeinsamen Endsehne zu.

Die gemeinsame Endsehne setzt hinten am Ellenbogenfortsatz der Elle an. Der Muskel ist oben vom Deltamuskel bedeckt. Einige Fasern des medialen Kopfes endigen in der Kapsel des Ellenbogengelenkes und schützen sie beim Strecken des Unterarmes durch Anspannen vor Einklemmung. Wirkung: 1. Streckung des Unterarmes. 2. Geringe Anziehung des Oberarmes durch den langen Kopf. 3. Bei festgestelltem Unterarm Strecken des Oberarmes gegen den Unterarm.

B. Die Beuger des Unterarmes.

a) **Der innere Armmuskel** (M. brachialis internus) entspringt von der unteren Hälfte beider Vorderflächen des Oberarmbeines. Seine Sehne setzt an der Rauhigkeit der Elle an. Einige Fasern endigen in der Kapsel des Ellenbogengelenkes und schützen sie beim Beugen des Unterarmes durch Anspannen vor Einklemmung. Der Muskel ist zum großen Teil vom zweiköpfigen Unterarmbeuger bedeckt. (Abb. 109, 110, 112.) Wirkung: Beugen der Elle gegen das Oberarmbein und umgekehrt, bei festgestellter Elle Beugen des Oberarmbeines gegen die Elle, z. B. bei Klimmzügen.

b) **Der zweiköpfige Unterarmbeuger** (M. biceps brachii) hat einen langen lateralen und einen kurzen medialen Kopf. Beide gehen über das Schultergelenk hinweg und entspringen am Schulterblatt. (Abb. 107, 108, 109, 111.) Der lange Kopf entspringt vom oberen Rande der Gelenkpfanne des Schultergelenkes innerhalb der Gelenkkapsel. Die schnurförmige Sehne zieht über den Kopf des Oberarmbeines, tritt aus der Gelenkkapsel heraus, verläuft in der Rinne zwischen großem und kleinem Oberarmhöcker nach abwärts und geht dann in den Muskelbauch über. Der kurze Kopf entspringt weiter medial vom Rabenschnabelfortsatz. Beide Muskelbäuche vereinigen sich etwa in der Mitte des Oberarmes und gehen in eine gemeinsame Endsehne über, die an der Rauhigkeit der Speiche ansetzt. Die Sehne sendet in der Ellenbeuge einen starken, bindegewebigen Streif, den lacertus fibrosus, medialwärts zur Faszie der Handbeuger, um die in der Ellenbeuge verlaufenden Blutgefäße und Nerven zu schützen. Der obere Teil des Muskels ist vom großen Brustmuskel bedeckt. Wirkung: 1. In Supinationsstellung des Unterarmes (Kammhaltung), wo Elle und Speiche parallel liegen, Beugen der Speiche. 2. In Pronationsstellung (Risthaltung), wo Elle und Speiche sich kreuzen, zunächst Auswärtsdrehen, dann Beugen der Speiche. 3. Wird der Unterarm durch andere Muskeln (bei Hang in Risthaltung) in Pronationsstellung festgehalten, so muß die Sehne des Muskels zwischen Speiche und Elle in die Tiefe und um die Speiche nach außen herum verlaufen, um zur Rauhigkeit der Speiche zu gelangen. Dann wird ein Teil der Muskelkraft vergeblich die Speiche auswärts zu drehen versuchen und nur ein Teil der Kraft der Beugung des Oberarmbeines zugute kommen.

4. Bei festgestelltem Unterarm Beugen des Oberarmes gegen den Unterarm, z. B. bei Klimmzügen. (Auch hier natürlich nur in Kammhaltung volle Wirkung.)

c) **Der Armspeichenmuskel** (M. brachio-radialis oder supinator longus) liegt mit seiner Hauptmasse nicht mehr am Oberarm, sondern am Unterarm. (Abb. 109, 111, 112.) Er entspringt mit ganz kurzer Sehne von der lateralen Kante des Oberarmbeines, oberhalb des lateralen Oberarmknorrens, läuft als kräftiger Muskelbauch an der lateralen Seite des Unterarmes entlang und setzt am Griffelfortsatz der Speiche an. Die Wirkung ist im wesentlichen die gleiche wie die des zweiköpfigen Unterarmbeugers. Der Muskel muß, seiner Lage wegen, bei den Streckern der Hand noch einmal erwähnt werden.

Gemeinsame Wirkung der drei Unterarmbeuger. Der innere Armmuskel wird in jeder Stellung des Unterarmes die Elle beugen, der zweiköpfige Unterarmbeuger, sowie der Armspeichenmuskel die Speiche in Supinations-(Kamm-)haltung des Unterarmes mit voller Kraft, in Pronations-(Rist-)haltung nur mit einem Teil der Kraft. Es wirken also z. B. bei Klimmzügen in Kammhaltung sämtliche drei Unterarmbeuger mit voller Kraft, in Risthaltung der eine mit voller, die beiden anderen mit geteilter Kraft. Daher können Klimmzüge in Risthaltung nie so lange fortgesetzt werden wie in Kammhaltung.

3. Die Achselhöhle.

Am Skelett gibt es keine Achselhöhle, dort ist nur ein Winkel zwischen Oberarmbein und Brustkorb vorhanden, der durch Abziehen und Anziehen des Oberarmbeines größer oder kleiner wird. Die Achselhöhle entsteht erst durch Anlagerung der Muskeln. (Abb. 108.) Die Innenwände der Achselhöhle bilden das Negativ einer Pyramide mit der abgestumpften Spitze nach oben. Die Vorderwand der Achselhöhle wird durch den großen Brustmuskel gebildet, die Hinterwand unten durch den breiten Rückenmuskel, oben durch die Vorderfläche des Schulterblattes mit Unterschulterblattmuskel, die mediale Wand durch den vom großen Sägemuskel bedeckten Brustkorb, die laterale Wand durch das von Teilen des dreiköpfigen Unterarmstreckers und zweiköpfigen Unterarmbeugers bedeckte Oberarmbein. Die Achselhöhle stößt oben gegen die von der Gelenkkapsel bedeckte Unterseite des Oberarmkopfes. Die mediale Wand setzt sich nach unten zu in die seitliche Brustkorbwand, die laterale Wand in die mediale Fläche des Oberarmes fort. In der Mitte dieser medialen Fläche des Oberarmes verläuft zwischen dreiköpfigem Unterarmstrecker einerseits und zweiköpfigem Unterarmbeuger und Rabenarmmuskel andererseits eine tiefe Furche, die sich auch nach oben auf die laterale Wand der Achselhöhle selbst, bis zur Spitze der Pyramide fortsetzt. In der Tiefe dieser Furche verlaufen die Blutgefäße und Nerven des Armes, so daß man dort die verletzte Oberarmschlagader abdrückt. Geht man in der Mohrenheimschen Grube in die Tiefe, so stößt man auf die Spitze der Achselhöhle mit den Blutgefäßen und Nerven des Armes. Der Querdurchmesser der Achselhöhle wird beim Anziehen des Armes immer kleiner, dafür der Tiefendurchmesser größer. Der Querdurchmesser wird dagegen beim Abziehen des Armes immer größer, die Achselhöhle selbst aber immer flacher, was durch das Hinunterschieben des Oberarmkopfes bei weiterem Abziehen noch ausgesprochener wird.

Auch die äußere Haut ist in die Achselhöhle eingestülpt und tapeziert sie, wenn auch nicht bis in die höchsten Winkel hinein, aus. Daher kann man am lebenden Menschen den großen Brustmuskel und ebenso den untersten Rand des breiten Rückenmuskels zwischen zwei Fingern fassen. Der große Brustmuskel kann auf diese Art bis zu seinem Ursprung am Brustkorb abgetastet werden.

4. Die Dreher der Speiche und die Beweger der Hand und der Finger.

Die Handbeuger und die langen Fingerbeuger müssen an der Vorderseite, die Strecker an der Hinterseite und lateralen Seite des Unterarmes liegen. Dazu kommen am Arm noch die Dreher der Speiche. Die beiden Einwärtsdreher (Pronatoren) müssen an der Vorderseite, der eine Auswärtsdreher (Supinator) an der Hinterseite des Unterarmes liegen.

Es ist noch folgendes im Gegensatz zu den unteren Gliedmaßen zu bemerken: 1. Die gemeinsamen Strecker und Beuger der Finger entspringen nur vom Unterarm bzw. Oberarm, nicht auch von der Hand. Wir haben zwei gemeinsame Beuger, aber nur einen gemeinsamen Strecker der Finger. 2. Der kurze und lange Strecker des Daumens entspringt vom Unterarm. Dazu kommt noch ein langer Abzieher des Daumens. Der lange Beuger des Daumens entspringt vom Unterarm, der kurze Beuger von der Hand. 3. Wir haben einen besonderen Strecker des Zeigefingers, der vom Unterarm entspringt. 4. Die Beweger der Hand zeigen einfachere Verhältnisse als die Beweger des Fußes. Wir haben Strecker und Beuger der Daumen- und Kleinfingerseite, die bei gemeinsamer Zusammenziehung gleichzeitig die ganze Hand strecken oder beugen. Diese Muskeln sind in der Einzahl, nur der Strecker der Daumenseite doppelt vorhanden, da die Streckung dieser Seite bei Hantierungen am häufigsten ausgeführt wird. Der Beuger der Gesamthand, der dem kräftigen dreiköpfigen Wadenmuskel entspricht, ist verkümmert, öfters auch gar nicht vorhanden und dient nur zur Spannung der Hohlhandfaszie. Das Führen der Hand nach der Daumenseite geschieht durch gemeinsame Wirkung des Beugers und Streckers dieser Seite, das Führen nach der Kleinfingerseite durch gemeinsame Wirkung des Beugers und Streckers der entsprechenden Seite. Das Handkreisen wird durch abwechselnde Zusammenziehung aller fünf Muskeln ausgeführt. Natürlich vermögen auch die Fingerbeuger und -Strecker mittelbar einen Einfluß auf die Bewegung der Hand auszuüben.

Sämtliche Muskeln gehen, entsprechend den Verhältnissen an den unteren Gliedmaßen, bereits im unteren Drittel des Unterarmes in ihre Sehnen über. Wir besprechen die Muskeln in Supinationsstellung des Unterarmes und beginnen stets an der Daumenseite.

A. Die Einwärtsdreher der Speiche und die Beuger der Hand und der Finger

(mit Ausnahme der Handmuskeln).

Die Muskeln liegen an der Vorderfläche des Unterarmes in drei Schichten, a) der tiefen, b) der mittleren und c) der oberflächlichen Schicht. Die Muskeln der tiefen

Schicht entspringen vom Unterarm, die Muskeln der mittleren und der oberflächlichen Schicht finden dort nicht mehr Platz und entspringen daher teilweise vom Oberarmbein, und zwar von dem medialen (Beuge-) Knorren.

Die tiefe Schicht umfaßt: α) den viereckigen Einwärtsdreher, β) den langen Daumenbeuger und γ) den tiefen gemeinsamen Fingerbeuger.

Die mittlere Schicht wird von dem oberflächlichen gemeinsamen Fingerbeuger gebildet.

Die oberflächliche Schicht besteht aus α) dem runden Einwärtsdreher, β) dem Speichenbeuger der Hand, γ) dem Hohlhandmuskel und δ) dem Ellenbeuger der Hand.

a) Tiefe Schicht.

α) Der viereckige Einwärtsdreher (M. pronator quadratus) ist etwa drei Finger breit, liegt am unteren Ende des Unterarmes und verläuft quer zur Längsachse des Unterarmes von der Vorderfläche der Elle zur Vorderfläche der Speiche. Die Wirkung ergibt sich von selbst und liegt im Namen. (Abb. 110.)

β) Der lange Daumenbeuger (M. flexor pollicis longus) entspringt von der Vorderseite der Speiche, geht über den viereckigen Einwärtsdreher hinweg und setzt an der Basis des Endgliedes des Daumens an. Die Wirkung liegt im Namen. (Abb. 110.)

γ) Der tiefe gemeinsame Fingerbeuger (M. flexor digitorum profundus) entspringt von dem Zwischenknochenbande und der Vorderfläche der Elle. Seine vier Endsehnen gehen über den viereckigen Einwärtsdreher hinweg und setzen an der Basis der Endglieder der vier Finger an. Die Wirkung liegt im Namen. (Abb. 110.)

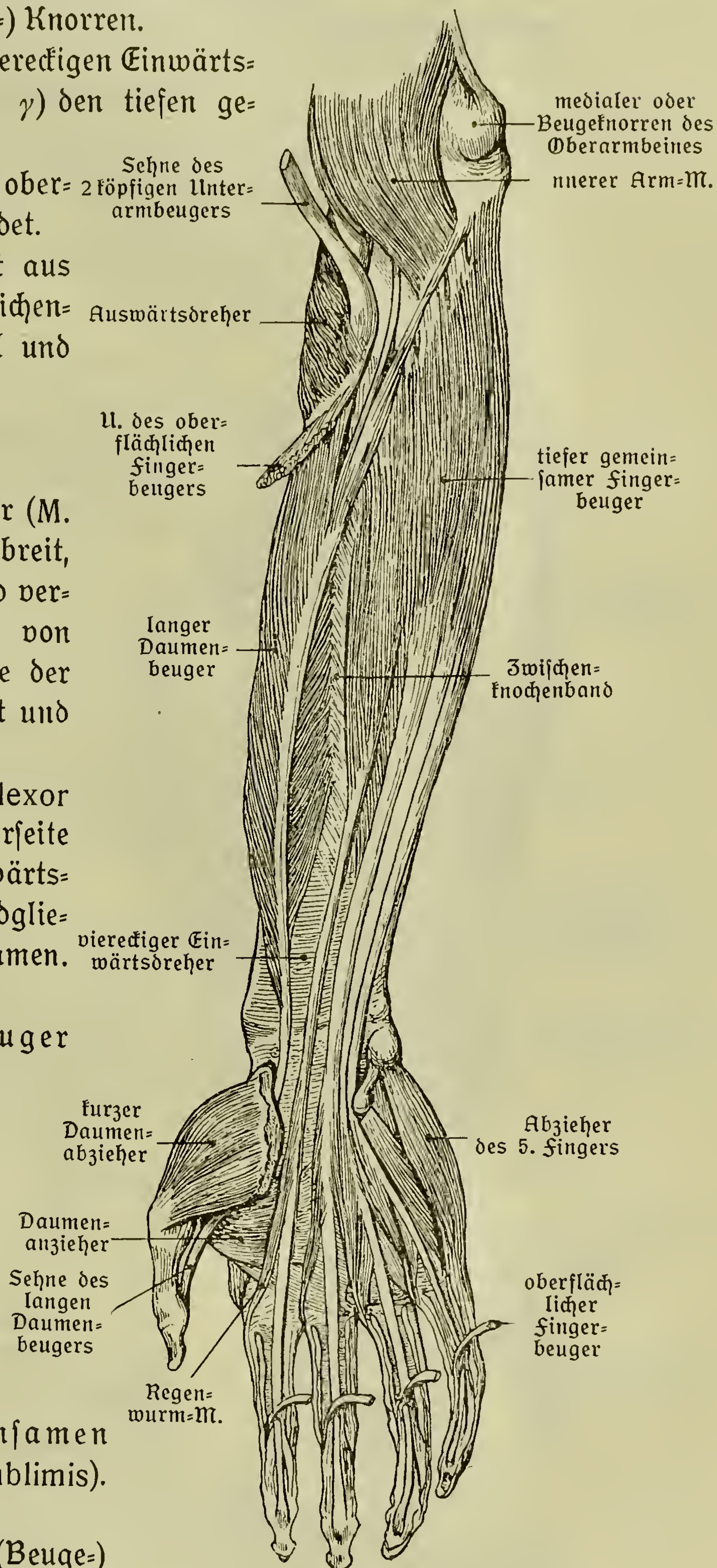


Abb. 110. Tiefe Schicht der Beuger der Hand und der Finger. Die Handmuskeln. 7/24 nat. Größe. U. = Ursprung (Bardeleben)

b) Die mittlere Schicht

besteht aus dem oberflächlichen gemeinsamen Fingerbeuger (M. flexor digitorum sublimis). (Abb. 111.)

Der Muskel entspringt vom medialen (Beuge-) Knorren des Oberarmbeines und von der Speiche oberhalb des langen Daumenbeugers. Er bedeckt breit fast

die ganze Vorderfläche des Unterarmes. Seine vier Endsehnen setzen an der Basis der Mittelglieder der Finger an, nachdem sie kurz vorher von den Sehnen des tiefen gemeinsamen Fingerbeugers durchbohrt wurden. Die Wirkung liegt im Namen.

c) Die oberflächliche Schicht.

α) Der runde Einwärtsdreher (M. pronator teres) entspringt, wie alle Muskeln dieser Schicht, vom medialen (Beuge-) Knorren des Oberarmbeines, verläuft schräg nach unten lateral und setzt etwa in der Mitte der lateralen Fläche der Speiche an. Die Wirkung liegt im Namen. (Abb. 111.)

β) Der Speichenbeuger der Hand (M. flexor carpi radialis) entspringt ebenfalls vom medialen (Beuge-) Knorren des Oberarmbeines, verläuft schräg nach unten lateral und setzt an der Basis des 2. Mittelhandknochens an. Wirkung: Beugen der Daumenseite der Hand. (Abb. 111.)

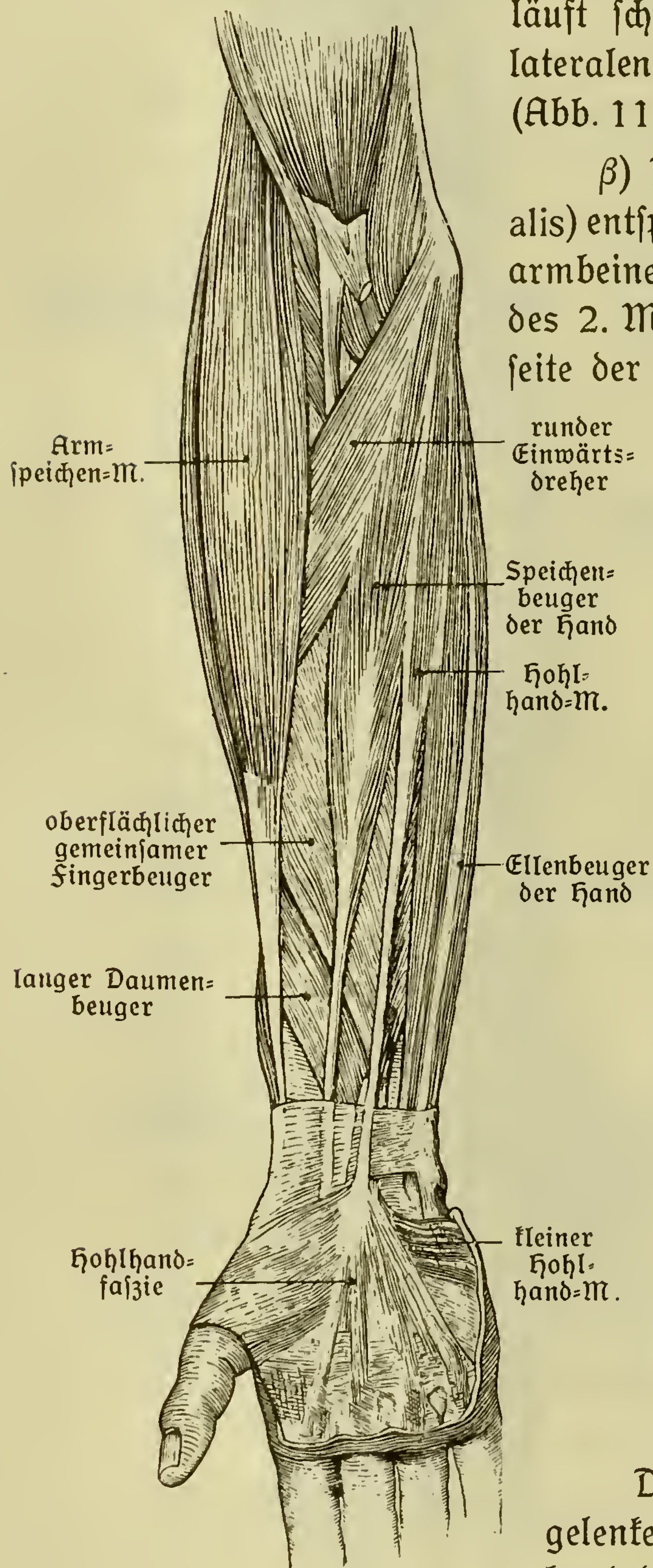


Abb. 111. Mittlere und oberflächliche Schicht der Beuger der Hand und der Finger. 1/4 nat. Größe. (Bardeleben.)

γ) Der Hohlhandmuskel (M. palmaris longus) ist ein schwacher Muskel, der wie die vorigen entspringt. Seine Sehne strahlt in die sehr verdickte Faszie der Hohlhand aus, die schützend die ganze Hohlhand bedeckt, und sendet Zipfel zu den einzelnen Fingern. Wirkung: Der Muskel spannt bei Beugung der Hand die Hohlhandfaszie zum weiteren Schutz der darunter liegenden Teile. (Abb. 111.)

δ) Der Ellenbeuger der Hand (M. flexor carpi ulnaris) entspringt wie die vorigen, außerdem mit einer langen, sehnigen Haut fast an der ganzen medialen Fläche der Elle. Seine Sehne setzt an der Basis des 5. Mittelhandknochens an. Wirkung: Beugen der Ellenseite der Hand. (Abb. 111.)

Ellenbeuger und Speichenbeuger der Hand beugen gemeinsam, wie schon erwähnt, die Gesamthand.

Die am medialen Oberarmknorren entspringenden Muskeln müssen gleichzeitig zur Beugung des Unterarmes gegen den Oberarm, bei festgestelltem Unterarm zur Beugung des Oberarmes gegen den Unterarm beitragen.

Die Sehnen sämtlicher Muskeln werden oberhalb des Handgelenkes durch eine Verstärkung der Körperfaszie, in der Hohlhand durch das quere Handwurzelband und durch Sehnenscheiden, an der Beugeseite der Finger durch Sehnenscheiden in ihrer Lage gehalten. Die sonstige Bedeutung der Sehnenscheiden siehe Seite 114.

B. Die Auswärtsdreher der Speiche und die Strecker der Hand und der Finger.

Die Muskeln liegen an der Außenfläche und einem Teil der Hinterfläche des Unterarmes in zwei Schichten, der tiefen und der oberflächlichen Schicht. Die tiefe Schicht entspringt vom Unterarm. Die oberflächliche Schicht findet dort nicht mehr Platz und entspringt daher vom lateralen (Streck-) Knorren und dem zunächst gelegenen Teil der lateralen Kante des Oberarmbeines. Die Muskeln werden wieder von der Daumenseite aus aufgezählt.

Zur tiefen Schicht gehören: α) Der lange Abzieher des Daumens, β) der kurze Strecker des Daumens, γ) der lange Strecker des Daumens, δ) der Strecker des Zeigefingers und ε) der Auswärtsdreher.

Zur oberflächlichen Schicht gehören: α) Der schon Seite 143 beschriebene Armspeichenmuskel, β) der lange Speichenstrecker der Hand, γ) der kurze Speichenstrecker der Hand, δ) der gemeinsame Fingerstrecker und ε) der Ellenstrecker der Hand.

Alle hierher gehörigen Muskeln gehen schon am unteren Drittel des Unterarmes in ihre Endsehnen über.

a) Tiefe Schicht.

α) Der lange Abzieher des Daumens (M. abductor pollicis longus) entspringt von den unteren zwei Dritteln der Rückseite der Speiche und des Zwischenknochenbandes. Die Sehne kreuzt oberhalb des Handgelenkes über die Sehne der beiden Speichenstrecker der Hand hinweg nach der lateralen Seite der Speiche und setzt an der Basis des Mittelhandknochens des Daumens an. Die Wirkung liegt im Namen. (Abb. 112.)

β) Der kurze Strecker des Daumens (M. extensor pollicis brevis) ist ein kleiner, schwacher Muskel, der unterhalb des vorigen von Speiche und Zwischenknochenband entspringt. Seine Sehne kreuzt mit der vorigen die Sehne der beiden Speichenstrecker der Hand und setzt an der Basis des Grundgliedes des Daumens an. Die Wirkung liegt im Namen. (Abb. 112.)

γ) Der lange Strecker des Daumens (M. extensor pollicis longus) entspringt von den unteren zwei Dritteln der Hinterfläche des Zwischenknochenbandes und der Hinterfläche der Elle. Seine Sehne kreuzt die beiden Speichenstrecker der Hand auf dem Handrücken, unterhalb der

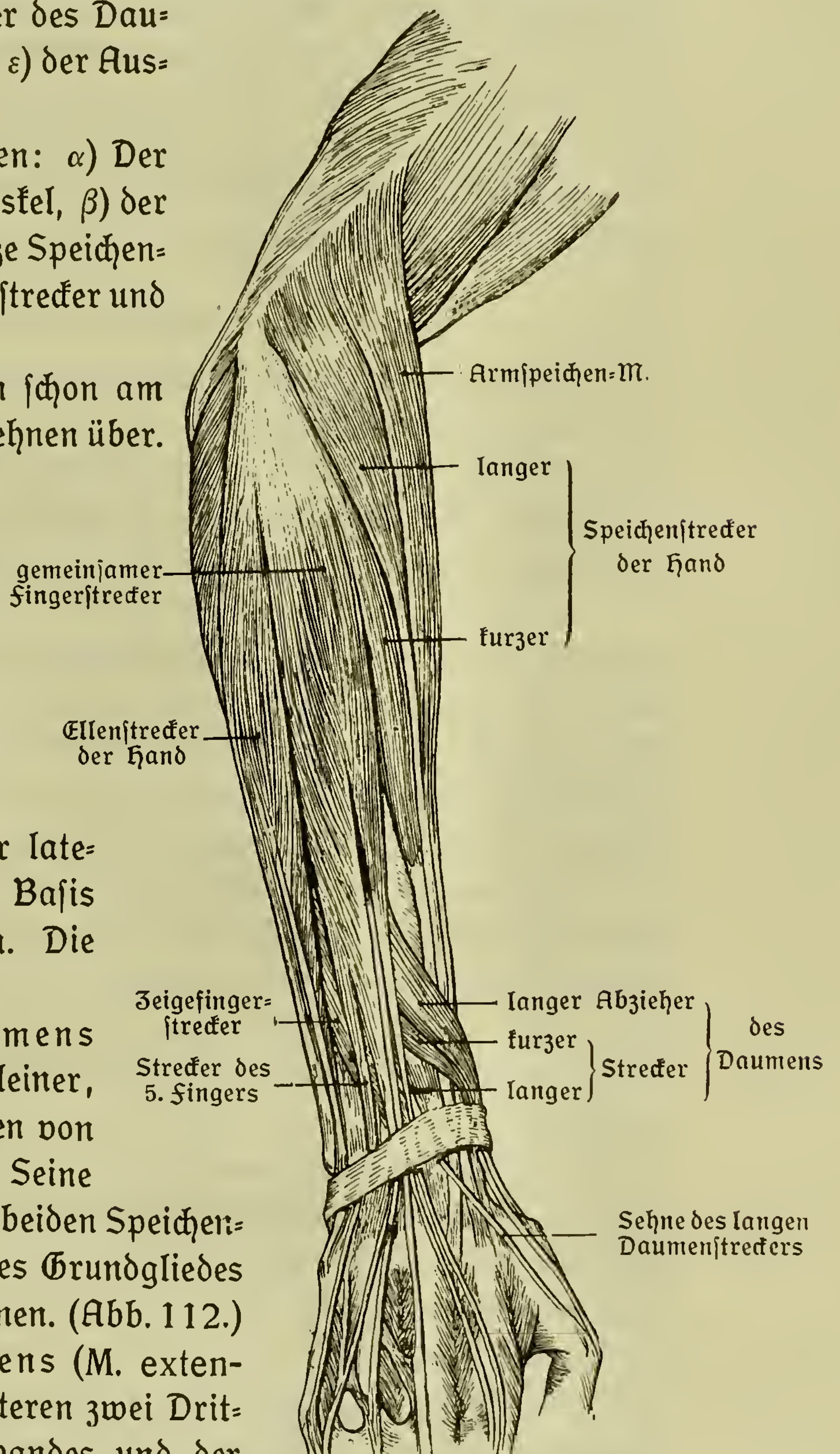


Abb. 112. Die Strecker der Hand und der Finger. $^3/_{10}$ nat. Größe. (Bardeleben.)

beiden vorigen Muskeln, und setzt an der Basis des Endgliedes des Daumens an. Die Wirkung liegt im Namen. (Abb. 112.)

δ) Der Strecker des Zeigefingers (M. extensor indicis proprius) ist etwas kräftiger als der kurze Daumenstrecker und entspringt unterhalb des langen Daumenstreckers von der Hinterfläche der Elle. Seine Sehne verschmilzt mit der Zeigefingersehne des gemeinsamen Fingerstreckers. (Abb. 112.) Wirkung: Strecken des Zeigefingers ohne Streckung der übrigen Finger.

ε) Der Auswärtsdreher (M. supinator) entspringt von der Rückseite der Kapsel des Ellenbogengelenkes und des oberen Endes der Elle. Seine Fasern verlaufen schräg nach lateral und unten, wickeln das obere Ende der Speiche völlig ein und setzen an der Vorderfläche der Speiche unterhalb der Rauhigkeit an. (Abb. 110.) Wirkung: Durch das Herumgreifen um die Speiche besonders ausgiebiges Auswärtsdrehen derselben. Der Muskel ist der einzige Auswärtsdreher, der nur diese Wirkung hat. Der zweiköpfige Unterarmbeuger und besonders der Armspeichenmuskel drehen, wie wir sahen, neben ihrer Beugetätigkeit die Speiche auswärts.

b) Oberflächliche Schicht.

α) Der Armspeichenmuskel ist bereits Seite 143 näher beschrieben. Er bildet mit den übrigen Muskeln der oberflächlichen Schicht, namentlich dem langen und kurzen Speichenstrecker der Hand, den starken Muskelwulst an der Daumenseite des Unterarmes dicht unterhalb des Ellenbogengelenkes, der namentlich beim Fechten mit langer Auslage hart und deutlich hervortritt. Die folgenden Muskeln siehe Abb. 112.

β) Der lange Speichenstrecker der Hand (M. extensor carpi radialis longus) entspringt von der lateralen Kante des Oberarmbeines, unmittelbar oberhalb des lateralen Knorrens, zwischen diesem und dem Ansatz des vorigen Muskels. Seine Sehne kreuzt unter dem langen Abzieher und kurzen und langen Strecker des Daumens hindurch (siehe diese Muskeln) und setzt an der Basis des 2. Mittelhandknochens an. Wirkung: Strecken der Daumenseite der Hand.

γ) Der kurze Speichenstrecker der Hand (M. extensor carpi radialis brevis) ist kürzer und schwächer als der vorige Muskel. Er entspringt von dem lateralen (Streck-) Knorren des Oberarmbeines. Seine Sehne kreuzt neben dem vorigen Muskel den langen Abzieher und kurzen und langen Strecker des Daumens und setzt an der Basis des 3. Mittelhandknochens an. Wirkung: Unterstützung der Wirkung des vorigen Muskels.

δ) Der gemeinsame Fingerstrecker (M. extensor digitorum communis) entspringt ebenfalls von dem lateralen (Streck-) Knorren des Oberarmbeines. Seine vier Sehnen teilen sich in je drei Zipfel. Von diesen setzt der mittlere Zipfel an der Basis des Mittelgliedes, die beiden seitlichen Zipfel an der Basis des Endgliedes des betreffenden Fingers an. Die Wirkung liegt im Namen.

Die Sehne des Ringfingers ist durch Zwischenbänder mit den Sehnen des Mittelfingers und kleinen Fingers verbunden, wodurch die Tatsache erklärt wird, daß wir bei geballter Faust den Ringfinger am unvollkommensten für sich allein strecken können.

ε) Der Ellenstrecker der Hand (M. extensor carpi ulnaris) entspringt eben-

falls vom lateralen (Streck-) Knorren des Oberarmbeines und setzt an der Basis des 5. Mittelhandknochens an. Wirkung: Strecken der Ellenseite der Hand.

Speichenstrecker und Ellenstrecker der Hand strecken gemeinsam, wie schon erwähnt, die Gesamthand. Die Muskeln der oberflächlichen Schicht tragen, je mehr sie an der Außenfläche des Unterarmes nach vorn zu liegen, zur Beugung, je mehr sie an der Hinterfläche des Unterarmes liegen, zur Streckung des Unterarmes gegen den Oberarm bei, und bei festgestelltem Unterarm zur Beugung bzw. Streckung des Oberarmes gegen den Unterarm. Ihr Anteil an der Streckung oder Beugung des Unterarmes ändert sich mit der Pronations- oder Supinationsstellung.

Die Muskeln werden oberhalb des Handgelenkes durch eine Verstärkung der Körperfaszie, an der Handwurzel durch Sehnenscheiden in ihrer Lage erhalten.

C. Die Handmuskeln.

Die Handrückenseite hat im Gegensatz zur Fußrückenseite keine Muskeln.

Die Muskeln an der Handflächenseite zerfallen in a) die mittleren Handmuskeln, b) die Muskeln des Daumenballens und c) die Muskeln des Kleinfingerballens. (Abb. 110.)

a) **Die mittleren Handmuskeln** sind die Zwischenknochenmuskeln und die Regenwurmmuskeln. Die Zwischenknochenmuskeln liegen zwischen dem 2.—5. Mittelhandknochen, vier auf der Handrückenseite und drei auf der Handflächenseite. Die Regenwurmmuskeln gehen von dem 2.—5. Mittelhandknochen zu der Beugesehne des entsprechenden Fingers. Wirkung: Spreizen und Wiederzusammenführen der Finger.

b) **Die Muskeln des Daumenballens** sind α) der kurze Abzieher, β) der kurze Beuger, γ) der Gegensteller, δ) der Anzieher des Daumens.

Die drei ersten Muskeln entspringen von dem Kahnbein und dem großen Vieleckbein und verlaufen schräg nach vorn zum Daumen. Der kurze Abzieher und der kurze Beuger setzen an der Kapsel des Gelenkes zwischen Mittelhandknochen und Grundglied des Daumens an, der Abzieher an der lateralen, der Beuger an der medialen Seite. Der Gegensteller setzt an der medialen Seite des ganzen Mittelhandknochens des Daumens an. Der Anzieher des Daumens entspringt von dem 3. Mittelhandknochen, verläuft quer über die Hand zur medialen Seite der Kapsel des Gelenkes zwischen Mittelhandknochen und Grundglied des Daumens. Die Wirkung der Muskeln ergibt sich von selbst und liegt im Namen.

c) **Die Muskeln des Kleinfingerballens** sind α) der Abzieher, β) der Gegensteller und γ) der Beuger des kleinen Fingers. Die Muskeln entspringen sämtlich vom Erbsenbein oder Hakenbein. Der Abzieher und Beuger setzen an der Kapsel des Gelenkes zwischen Mittelhandknochen und Grundglied des kleinen Fingers an der lateralen bzw. medialen Seite an, der Gegensteller am Mittelhandknochen des kleinen Fingers. Die Wirkung der Muskeln liegt im Namen, ist aber viel weniger ausgesprochen als beim Daumen.

Die Sehnen der Fingerbeuger und des langen Daumenbeugers ziehen über die Handmuskeln hinweg und sind mit der Hohlhandfaszie verwachsen. Die Hohlhandfaszie ist auch kräftig entwickelt, aber nicht so stark wie die Fußsohlenfaszie.

Zweiter Teil.

Die inneren Organe.

Erstes Kapitel.

Die Atmungsorgane und die Atmung.

Erster Abschnitt.

Die Lage der Brustorgane.

1. Die Lage der Brustorgane im allgemeinen.

Die Hinterwand des Brustkorbes zeigt innen in der Mittellinie einen 5—6 cm breiten, senkrecht verlaufenden, runden Vorsprung, der durch die Körper der Brustwirbel gebildet wird. Zwei sagittale Ebenen, die man sich durch die beiden Seiten dieses Vorsprungs gelegt denkt, teilen die Brusthöhle in drei Teile, die rechte Brusthälfte, die linke Brusthälfte und den zwischen Wirbelkörpern und Brustbein gelegenen Mittelfellraum. Die gedachte linke Grenze des Mittelfellraumes weicht unten vorn nach links ab, so daß der Mittelfellraum dort breiter ist als hinten und oben. Diese breitere Stelle wird vom Herzen, der über dem Herzen gelegene, obere vordere Teil des Mittelfellraumes von den aus dem Herzen heraus- bzw. hineintretenden, großen Blutgefäßen eingenommen.

Wenn wir uns die vordere Brustwand mit Herz und Blutgefäßen, sowie die in den beiden seitlichen Brusthälften gelegenen Lungen fortgenommen denken (s. Abb. 113), so sehen wir im mittleren Teil der Brusthöhle die Speiseröhre unmittelbar vor der Mitte der Wirbelsäule liegen. Weiter unten biegt sie nach links ab, kreuzt vor der Brustaorta vorbei und tritt durch das Zwerchfell in die Bauchhöhle. Oben ist sie von der vor ihr gelegenen Luftröhre bedeckt, die sich in Höhe des 4. Brustwirbels in zwei lateralwärts nach rechts und links verlaufende Äste, die Bronchien, teilt. Vor der Teilungsstelle liegt der Aortenbogen, der schräg von rechts vorn nach links hinten über den linken Bronchus hinweg verläuft und dann nach unten in die absteigende Aorta umbiegt. Der Aortenbogen scheint auf dem linken Bronchus zu reiten. Der eine Schenkel ist die erwähnte absteigende Aorta, der andere Schenkel die aufsteigende Aorta, die vorn aus dem Herzen entspringt und in den Aortenbogen übergeht. Die aufsteigende Aorta ist auf Abb. 113 an ihrem Austritt aus dem Herzen abgeschnitten, Abb. 114 vom rechten Herzohr bedeckt. Die absteigende Brustaorta liegt, wie Abb. 113 ergibt, im Mittelfellraum links hinten, am Übergang von der Vorderfläche zur Seitenfläche der Wirbelkörper. Man sieht rechts neben dem Anfangsteil des

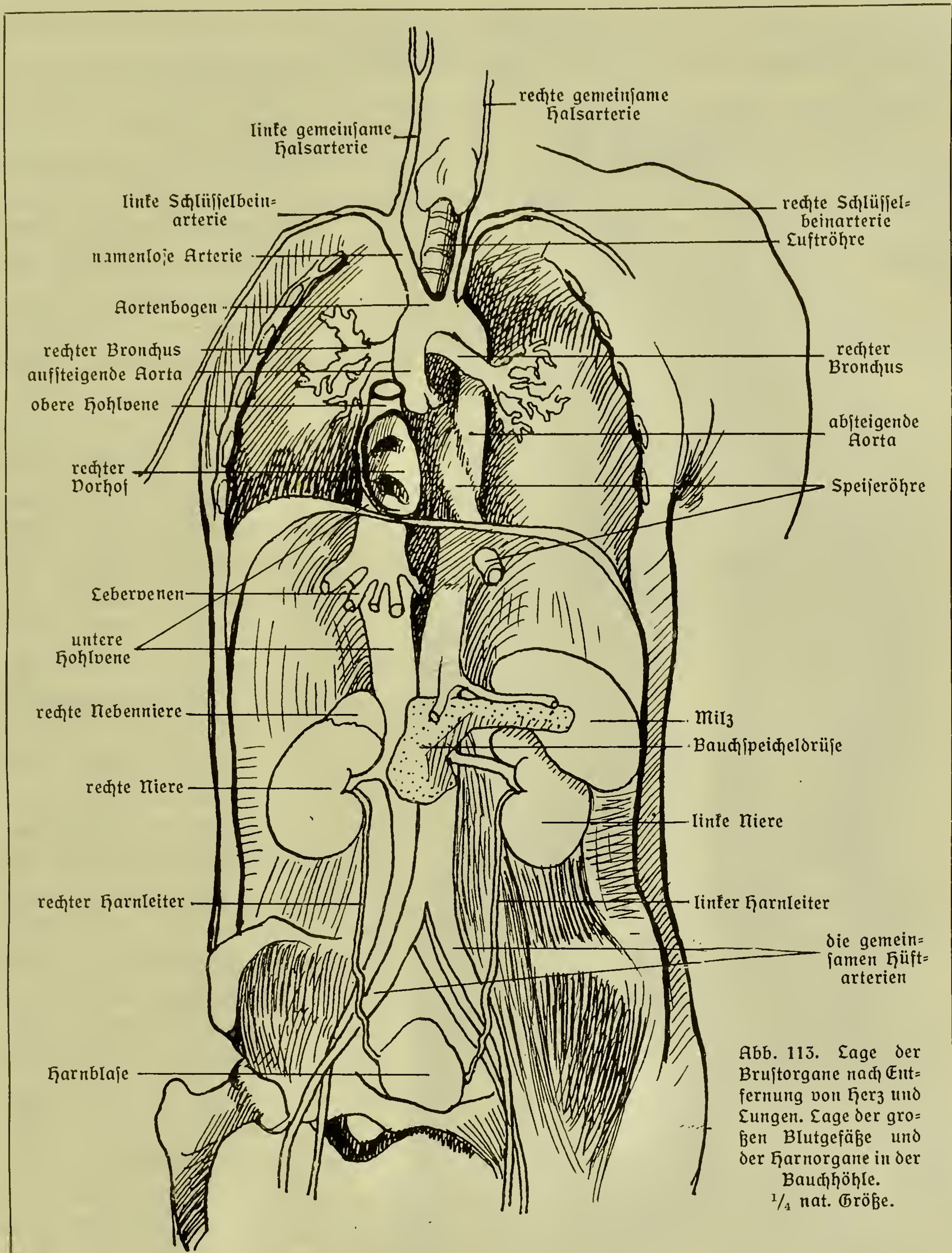


Abb. 113. Lage der Bruſtorgane nach Entfernung von Herz und Lungen. Lage der großen Blutgefäße und der Harnorgane in der Bauchhöhle. 1/4 nat. Größe.

Aortenbogens ein oben abgeſchnittenes Blutgefäß, die obere Hohlvene. Sie ſetzt ſich nach oben, vor dem rechten Bronchus, alſo in der rechten Seite des Mittelfellraumes fort und iſt Abb. 113 deshalb abgeſchnitten gezeichnet, um den rechten Bronchus ſichtbar zu machen, auf Abb. 114 aber zu ſehen.

Das obere Drittel des Mittelfellraumes vor der Luftröhre und Speiſeröhre be-

herbergt noch rechts die aus dem Aortenbogen entspringende „namenlose Arterie“, links die ebenfalls aus dem Aortenbogen entspringende linke Halsschlagader und linke Schlüsselbeinschlagader (Abb. 113), sowie die beiden „namenlosen Venen“. Die rechte namenlose Vene verläuft neben der namenlosen Arterie, die linke vor den bisher genannten Organen nach rechts hinüber. Die beiden Venen fehlen auf Abb. 113 natürlich auch, da ja die obere Hohlvene schon unmittelbar am Herzen abgeschnitten ist, sind aber Abb. 114 zu sehen. Der rechte Vorhof, in den die obere Hohlvene mündet, ist auf Abb. 113 vorn eröffnet, so daß man das Innere der Einmündungsstelle auch der unteren Hohlvene in den rechten Vorhof unmittelbar nach ihrem Durchtritt durch das Zwerchfell sehen kann. In der Höhe des Aortenbogens liegt noch die Lungenarterie vor der absteigenden Brustaorta und der Speiseröhre. Sie entspringt am Herzen vor der Aorta und zieht dann nach hinten, um sich nach kurzem Verlauf in zwei Äste, die sich den beiden Bronchien zugesellen, zu teilen. (Abb. 127). Dort liegen außerdem noch die vier Lungenvenen (Abb. 129), zwei rechte und zwei linke, die sich hinter dem Anfangsteil des Aortenbogens dem entsprechenden Bronchus zugesellen und einen nur ganz kurzen, mehr transversalen Verlauf bis zur Lunge haben (siehe auch Abb. 132).

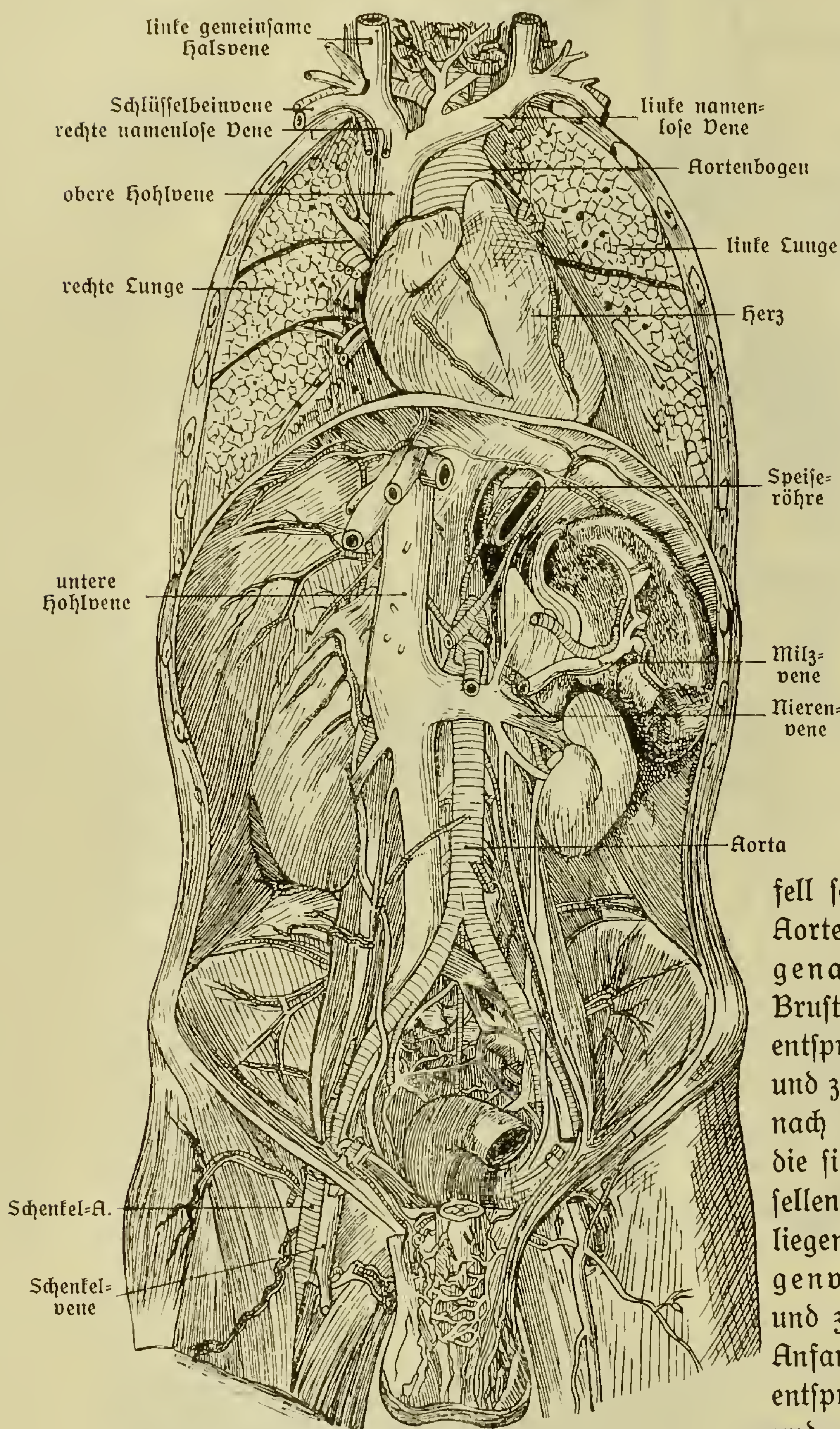


Abb. 114. Lage der Brustorgane und der großen Blutgefäße in der Bauchhöhle. 1/4 nat. Größe. (Bardeleben.)

2. Das Brustfell.

Die innere Brusthöhlenwand und die Lungen selbst sind bekanntlich vom Brustfell überzogen. (Abb. 114.) Man denke sich nach Hyrtl zum Verständnis seiner Lage je eine vollkommen geschlossene, luftundurchlässige Blase in die rechte und linke Brustseite hineingeschoben und mit der Innenfläche der Brustwand völlig verwachsen. Diese Blase rage aus der oberen Brustkorböffnung jederseits etwa 3—5 cm über die erste Rippe hinweg in das Spitzdach hinein, das die drei Rippenhalter und der Schulterblattheber bilden. Der freie, bis in den Mittelfellraum reichende Teil der Blase läßt sich nun in den anderen Teil einstülpen und vollständig an ihn anlegen, sobald die Blase luftleer gepumpt wird. Dadurch entsteht ein raumloser Spalt, der Brustfellraum, zwischen beiden. Somit sind beide Brusthälften mit je einer doppelten Lage des Brustfells ausgekleidet. Die mit der Innenwand der Brusthöhle verwachsene Lage heißt das äußere Blatt des Brustfelles, die eingestülpte Lage das innere Blatt des Brustfelles. Beide gehen natürlich an der Umschlagsstelle ineinander über. Man denke sich weiter jederseits den entsprechenden Lungenflügel vom Mittelfellraum aus in die doppelt ausgekleidete Brusthöhle hineingesteckt und mit der Außenfläche des inneren Blattes des Brustfelles verwachsen, so hat man die Lage der Lunge in der Brusthöhle. Schließlich denke man sich das Brustfell jederseits ringsum nach dem Mittelfellraum überstehend. Dann wird dieser Teil über die nach dem Mittelfellraum sehende Fläche jeder Lunge hinübergezogen, bis die Umschlagsstelle der beiden Blätter auf die in die Lunge eintretenden Bronchien und Blutgefäße hinaufgerückt ist. Auf diese Weise ist die Lunge an ihrer dem Mittelfellraum zugekehrten Fläche, natürlich mit Ausnahme der Eintrittsstelle des Bronchus und der Blutgefäße, ebenfalls mit beiden Blättern des Brustfelles bedeckt. Das innere Blatt ist auch hier mit der Lunge verwachsen, während das äußere Blatt frei nach dem Mittelfellraum sieht und überall seine oben beschriebene Grenze bildet. Das innere Blatt des Brustfelles wird Lungenfell genannt. Die verschiedenen Abschnitte des äußeren Brustfellblattes heißen, ihrer Lage entsprechend, Rippenfell, Mittelfell und Zwerchfellteil des Brustfelles. Der Mittelfellraum ist nach dem Mittelfell benannt.

Das Zwerchfell steigt so steil zu seiner Kuppel auf, daß seine peripheren Teile der Brustwand unten unmittelbar anliegen. (Abb. 114.) Der dadurch entstehende schmale Spalt ist vom äußeren Blatt des Brustfelles völlig bekleidet, dessen Außenfläche auf der einen Seite mit der Brustwand, auf der anderen Seite mit dem aufsteigenden, muskulösen Teil des Zwerchfelles verwachsen ist. Dadurch bildet das äußere Blatt allein eine unten ringsum verlaufende Falte, in der sich die Innenflächen seiner gegenüberliegenden Teile berühren. Lunge und Lungenfell reichen in diesen Spalt nicht hinein. Er wird durch Zusammenziehen und Hinuntersteigen des Zwerchfelles bei der Atmung abgeflacht und verbreitert und dann natürlich von der nachfolgenden Lunge mit Lungenfell zum Teil ausgefüllt. Dieser Spalt, bzw. bei jeder Einatmung neu entstehende Raum wird Komplementärraum genannt.

Das Brustfell ist eine derbe, bindegewebige Haut, die auf ihrer freien Oberfläche, also nach der Brustfellhöhle zu, mit Epithel ausgekleidet ist, das so viel Flüssigkeit absondert, als nötig ist, um die Wände schlüpfrig zu erhalten. Die beiden Blätter des

Brustfelles können daher bei den Bewegungen der Lunge leicht gegeneinander verschoben werden, ohne sich zu reiben und zu entzünden. Die Flüssigkeit wird bei der Brustfellentzündung reichlicher gebildet und sammelt sich dann in den Komplementärräumen und weiter zwischen den Blättern des Brustfelles an, drängt sie auseinander und preßt die Lunge zusammen. Die Flüssigkeit kann auch eitrig werden. In anderen Fällen bilden sich Fibringerinsel, die durch ihre Rauhigkeit bei den Bewegungen der Lunge heftige Schmerzen hervorrufen. Das Brustfell wird wegen der Flüssigkeitsabsonderung als seröse Haut, der Brustfellraum als seröse Höhle bezeichnet. Herzbeutel und Bauchfell sind ebenfalls seröse Häute.

3. Der Herzbeutel.

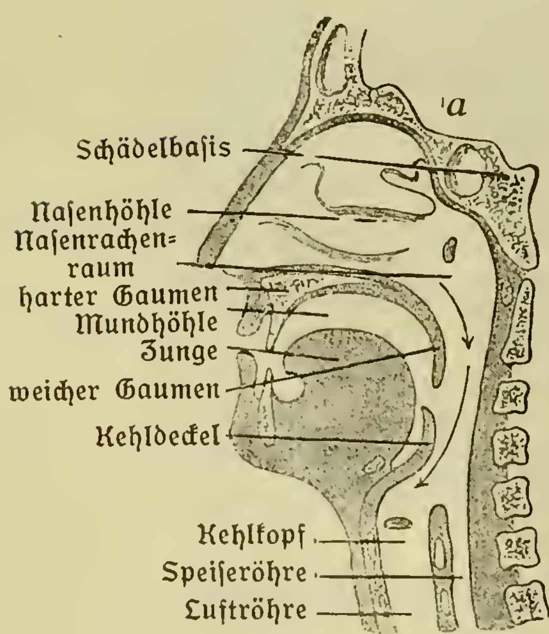
Der vordere untere Teil des Mittelfellraums wird, wie wir sahen, vom Herzen eingenommen. (Abb. 114.) Das Herz ist vom Herzbeutel umgeben. Man denke sich den Herzbeutel ebenfalls wie eine Blase an die bezeichnete Stelle des Mittelfellraumes gesetzt, unten mit dem Zwerchfell, seitlich mit den beiden Mittelfellen und vorn durch Bänder mit dem Brustbein verwachsen. Die Blase sei dann von oben her eingestülpt, so daß wiederum ein raumloser Spalt zwischen beiden Blättern des Herzbeutels entsteht. Das Herz sei dann in diesen doppelwandigen Sack von oben her hineingetan, so weit, daß der Herzbeutel noch den Anfangsteil der oberen, in das Herz tretenden Blutgefäße umschließt. Das innere Blatt ist mit der Außenfläche des Herzens bzw. der Blutgefäße, die Umschlagsstelle des inneren und äußeren Blattes mit den Blutgefäßen fest verwachsen. Der Herzbeutel verhält sich im übrigen als seröse Haut wie das Brustfell.

Zweiter Abschnitt.

Die oberen Luftwege.

1. Die Lage der oberen Luftwege und des oberen Teiles des Verdauungskanals.

Die Nasenhöhle ist der oberste Teil der Luftwege, die Mundhöhle der oberste Teil des Verdauungskanals. (Abb. 115.) Beide liegen in der Mittellinie des Gesichts und sind vorn durch den harten Gaumen, hinten durch den weichen Gaumen und das Gaumensegel voneinander getrennt. Der weiche Gaumen bildet, wie der harte, eine wagerechte Platte, die bald nach unten als Gaumensegel umbiegt und in der Mittellinie einen senkrechten Fortsatz, das Zäpfchen, nach unten sendet. Gaumensegel und Zäpfchen können durch einige Muskeln, die im Gaumensegel



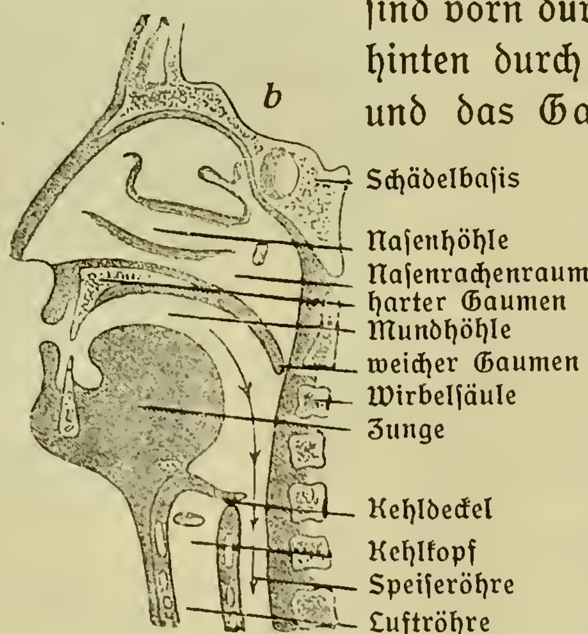


Abb. 115. Stellung des weichen Gaumens und des Kehldeckels. a beim Atmen, b beim Schlucken. (Nach Ranke.)

liegen, wagerecht bis zur Berührung ihres unteren Endes mit der Hinterwand des Nasenrachenraumes gehoben werden und so den Nasenrachenraum ebenfalls in zwei, der Mundhöhle und der Nasenhöhle entsprechende Räume teilen. Der Nasenrachenraum liegt hinter Nasenhöhle und Mundhöhle, die beide hinten durch Zugänge mit dem Nasenrachenraum verbunden sind. Der Nasenrachenraum wird, wie wir Seite 43 sahen, nur teilweise durch knöcherne Wände, sonst durch den Schlundkopf gebildet. Der Schlundkopf besteht im wesentlichen aus dem Schnürmuskel des Schlundkopfes, einem quergestreiften, platten Muskel, der am Körper des Hinterhauptbeines von dem etwa 1 cm vor dem Hinterhauptloch gelegenen Höcker und einem von diesem Höcker in der Medianebene nach abwärts bis zum Beginn der Speiseröhre verlaufenden, sehnigen Streifen entspringt. Seine Fasern verlaufen schräg und kreisförmig von oben hinten und medial nach unten und vorn und setzen dort an den Flügelfortsätzen des Keilbeines, einem Verbindungsbande mit dem Unterkiefer, dem Zungenbein und schließlich der Außenfläche des Kehlkopfes an. Die Schnürmuskeln der beiden Seiten bilden somit eine Röhre, die sich nach unten verengert und unmittelbar in die Speiseröhre übergeht. Der untere Teil wird nicht mehr als Nasenrachenraum, sondern nur als Schlundkopf bezeichnet und ähnelt einem steil gebauten Trichter. Der ganze Nasenrachenraum und Schlundkopf ist mit einer Schleimhaut ausgekleidet.

Unmittelbar vor dem Schlundkopf liegt der Kehlkopf. Seine Seitenwände stoßen vorn in einer senkrecht gestellten, spitzwinkligen Kante zusammen, die oben den Kehldeckel trägt. Der Kehldeckel steht bei der Atmung in der oberen Verlängerung des Kehlkopfes, etwas nach hinten geneigt. Das Zäpfchen hängt dabei senkrecht herab, so daß die Außenluft ungehindert von der Nase durch den Nasenrachenraum in den Kehlkopf eindringen kann.

Der Schlingakt besteht nun in einem automatischen Zusammenwirken des Schnürmuskels, des Hebers des Gaumensegels und der Schließmuskeln des Kehldeckels. Dadurch wird der Bissen in den Schlundkopf geworfen, der Nasenrachenraum in der Mitte geteilt und der Mundteil gegen den Nasenteil fest abgeschlossen, schließlich der Kehlkopf durch den Kehldeckel bedeckt, so daß nur der Weg in die Speiseröhre, nicht in den Kehlkopf frei ist. Der Kehldeckel wird hauptsächlich durch ein Hinaufziehen des Kehlkopfes, wodurch dieser gewissermaßen unter den hinteren, freien Rand des Kehldeckels geschoben wird, geschlossen. Ein gleichzeitiges Atmen und Schlucken wird dadurch verhindert. Das ist notwendig, da sich der Weg für die Speisen und für die Luft im Schlundkopf kreuzen. Das Zusammenwirken der verschiedenen Muskeln kann aber durch Schreck, verfrühtes Sprechen beim Schlingen oder ähnliche Vorkommnisse gestört werden. Dann schließt der Kehldeckel nicht, und Speiseteile kommen in den Kehlkopf, „man verschluckt sich". Dabei kann auch der Mundteil des Schlundkopfes unvollkommen von seinem Nasenteil abgeschlossen werden, so daß Speiseteile in die Nase gelangen.

2. Anatomie der oberen Luftwege.

A. Die Nasenhöhle.

Die Nasenhöhle ist vollständig durch die knöcherne Nasenhöhle vorgebildet, die mit Schleimhaut ausgekleidet ist. (Abb. 115.) Die Schleimhaut muß, wie die knöcherne

Nasenhöhle, vielfache Ecken und Winkel bilden und die Nasenhöhle so weit verengen, daß die Luft stets dicht an der Schleimhaut vorbeistreicht. Dadurch werden Staubteilchen, die die feineren Luftwege schädigen könnten, von dem klebrigen Schleim der Nasenschleimhaut zurückgehalten. Auch wird die einströmende kalte Luft zum Schutz der feinen Luftwege gegen Abkühlung vorgewärmt. Man soll daher in der Regel durch die Nase, nicht durch den Mund atmen. Die Vorwärmung geschieht um so gründlicher, als die Nasenschleimhaut ein besonders enges Netz kleinster Blutgefäße besitzt, das sich auch in unangenehmer Weise beim Nasenbluten geltend macht.

B. Der Nasenrachenraum.

Der Nasenrachenraum ist durch die Eustachische Röhre mit dem Mittelohr verbunden. (Abb. 115 u. 144.) Die Öffnung der Eustachischen Röhre im Nasenrachenraum ist durch eine Schleimhautfalte bedeckt. Trotzdem können sich Entzündungen vom Nasenrachenraum durch die Eustachische Röhre zum Mittelohr fortpflanzen. Vorn am Dach des Nasenrachenraumes liegt die Rachenmandel, die mit den Lymphfollikeln an der Zungenwurzel und den Gaumenmandeln einen lymphatischen Schutzring bildet, aber durch Vergrößerung ebenfalls Entzündungen hervorrufen oder die freie Atmung behindern kann.

C. Der Kehlkopf.

Der Kehlkopf liegt vor dem unteren Teil des Schlundkopfes in Höhe des 4. und 5. Brustwirbels und ist nach Alter und Geschlecht verschieden groß. Er besteht aus dem Ringknorpel, dem Schildknorpel, den beiden Gießbecken- oder Stellknorpeln und dem Kehldeckel. Der Ringknorpel hat die Form eines Siegelringes, mit der Platte nach hinten. (Abb. 117.) Der Schildknorpel besteht aus zwei Platten, die vorn in der Mittellinie winklig zusammenstoßen. (Abb. 116, 117 u. 118.) Ihre vordere Kante springt

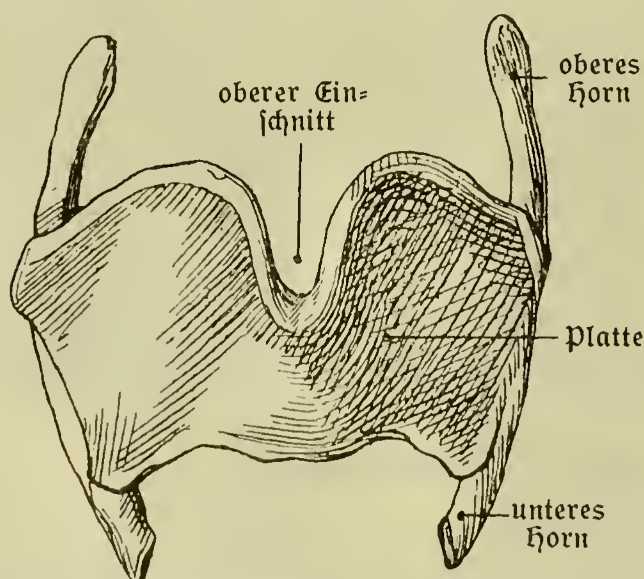


Abb. 116. Der Schildknorpel, von vorn. 9/10 nat. Größe. (Bardeleben.)

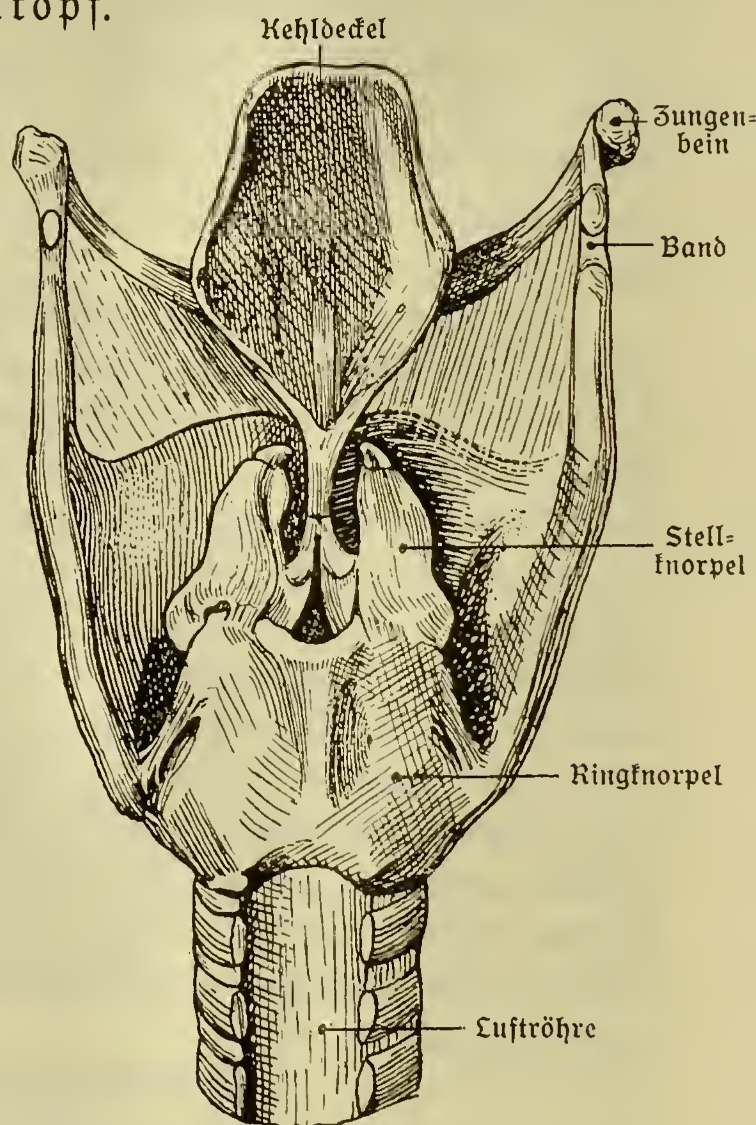


Abb. 117. Zungenbein u. Kehlkopfskelett (Knorpel und Bänder), nach Entfernung der Schleimhaut und der Muskeln, von hinten gesehen. 9/10 nat. Größe. (Bardeleben.)

oben, namentlich beim männlichen Geschlecht, stark hervor (Adamsapfel). Jede Platte trägt hinten einen nach oben und einen nach unten ragenden, hornförmigen Fortsatz. Die oberen beiden Fortsätze sind mit zwei unteren Fortsätzen des Zungenbeines, die unteren Fortsätze mit der Platte des Ringknorpels gelenkig verbunden. Der Schildknorpel kann daher gegen den Ringknorpel um eine transversale Achse bewegt werden. Die beiden Stellknorpel haben die Form von kleinen dreiseitigen Pyramiden, deren Grundflächen mit den beiden lateralen oberen Ecken der Ringknorpelplatte gelenkig verbunden sind. Die Kapsel der beiden Gelenke ist weit und gestattet eine Drehung der Stellknorpel um ihre untere mediale Ecke.

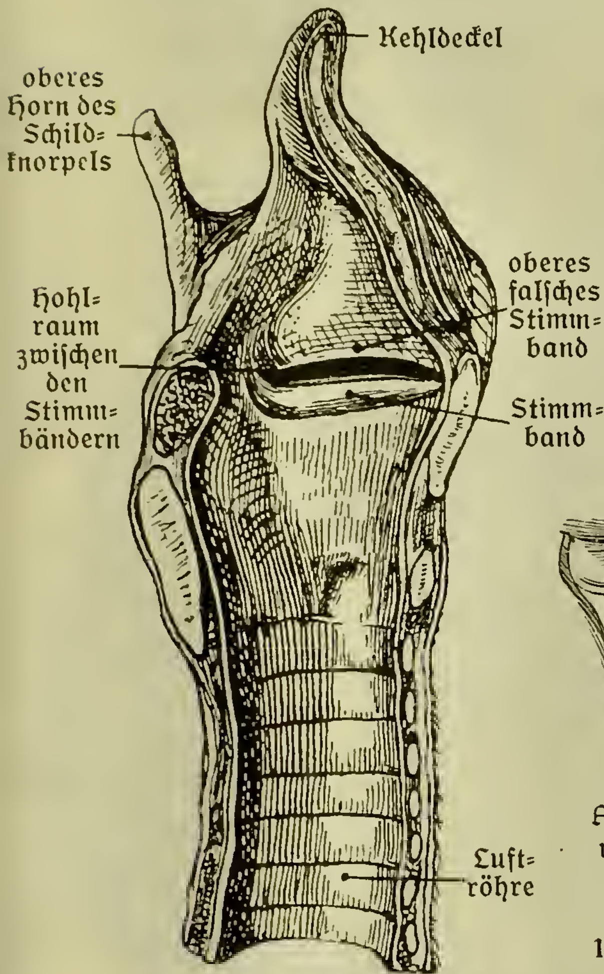


Abb. 118. Medianschnitt des Kehlkopfes, linke Hälfte, von rechts gesehen. 9/10 nat. Größe. (Bardeleben.)

Die beiden Stimmbänder verlaufen nahezu sagittal von den vorderen Ecken der Stellknorpel zu der Innenseite der vorderen Schildknorpelkante. (Abb. 118 und 119.) Sie müssen beim Auswärtsdrehen der Stellknorpel hinten auseinander weichen und einen Spalt von der Form eines gleichschenkligen Dreiecks, dessen eine Ecke nach vorn liegt, zwischen sich lassen. Durch diesen Spalt, die Stimmritze, kann die Luft einströmen. Die Stellknorpel werden beim Anlauten medial gedreht, wodurch sich die Stimmbänder aneinanderlegen, durch den Luftstrom in Schwingungen versetzt werden und Laute hervorbringen, während die Sprache durch verschiedene Stellung des Mundes entsteht. Die Stellknorpel liegen nun aber so weit von der Medianlinie entfernt, daß sich nur ihre vorderen Ecken, nicht ihre ganzen medialen Kanten beim Anlauten berühren. Daher bleibt auch beim Anlauten ein dreieckiger Spalt, die Atmungsritze, zwischen den medialen Kanten der Basis der beiden Stellknorpel und dem oberen Rand der Ringknorpelplatte. Die Stimmbänder müssen durch Drehung des Schildknorpels nach vorn (um die erwähnte transversale Achse) stärker gespannt werden, zum Hervorbringen verschieden hoher Töne, genau wie bei stark oder schwach gespannten Saiten. Der Kehldeckel ist durch ein langes Band am Adamsapfel des Kehlkopfes befestigt. Seine Vorderfläche wird durch eine mittlere sagittale und zwei seitliche Schleimhautfalten mit dem Zungengrund verbunden. Die beiden seitlichen Falten verlaufen schräg von vorn medial nach hinten lateral und begrenzen zwei Rinnen, die den Bissen oder Schluck seitlich am Kehlkopf vorbeileiten. Die Gefahr des Verschluckens ist daher bei kleinen, vorsichtigen Schlucken oder Bissen nicht sehr groß, auch wenn der Kehldeckel (durch Krankheit) fehlt. Die Lücken an der Wand des Kehlkopfes sind durch flächenartige Bänder ausgefüllt. Der Kehlkopf besitzt

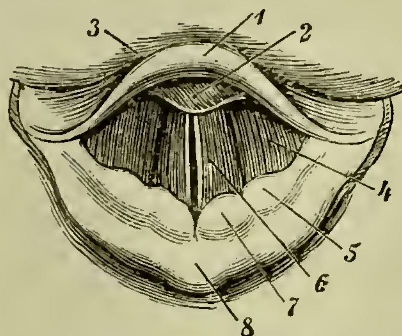


Abb. 119. Kehlkopfeingang und Stimmritze im Kehlkopfspiegelbild. (Nach Bail.) 1, 2, 3 Kehldeckel. 4 falsches Stimmband. 6 wahres Stimmband, links davon die stark verengte Stimmritze. 5, 7, 8 von Schleimhaut bedeckte Kehlkopfknorpel.

natürlich zahlreiche Muskeln für die beschriebenen Bewegungen. Ihre Kenntnis ist aber für die Zwecke des vorliegenden Buches ohne Bedeutung.

Der Kehlkopf ist innen durch eine Schleimhaut mit Flimmerepithel ausgekleidet, dessen Härchen nach oben schwingen, um kleinste Staubteilchen aus den Luftwegen hinaus zu befördern.

D. Luftröhre, Bronchien, Schilddrüse.

Die Luftröhre beginnt in Höhe des 6. Halswirbels und ist ein etwa 10 cm langer, bindegewebiger Schlauch, der durch 16—20 nach hinten offene, hufeisenförmige Knorpel gestützt wird. Sie verläuft vor der Speiseröhre in der Medianebene senkrecht nach unten und teilt sich in Höhe des 4. und 5. Brustwirbels in zwei Äste, die Bronchien, für die beiden Lungen. Sie ist innen, wie der Kehlkopf, durch eine Schleimhaut mit Flimmerepithel ausgekleidet. (Abb. 120 u. 132.)

Die hufeisenförmige Schilddrüse liegt vor und zu beiden Seiten eines Teiles der Luftröhre und des Kehlkopfes. Sie sondert, wie andere Drüsen mit innerer Sekretion (s. S. 3), Stoffe ab, die in das Blut übergehen und deren Fehlen oder Veränderung die geistige Entwicklung, die Herztätigkeit und den Stoffwechsel in der schwersten Weise schädigen kann. Die Anschwellung der Schilddrüse ist meist mit derartigen Veränderungen verschiedener Art verbunden und wird als Kropf bezeichnet. Seine Ursachen sind mannigfach, aber immer noch nicht völlig geklärt. Regelmäßige Blutstauungen in der Schilddrüse, z. B. durch enge Kragen, können nachteilig sein. Es ist bisher nicht bewiesen, daß körperliche Übungen, z. B. starkes Rückwärtsbeugen des Kopfes, die Schilddrüse schädigen. Solche Übungen können aber Blutstauungen im Gehirn hervorrufen und sind daher besser zu vermeiden.

Dritter Abschnitt.

Die Lungen und die Lungenatmung.

1. Anatomie der Lungen.

Jede der beiden Lungen hat etwa die Form eines Kegels mit abgerundeter Spitze, der durch einen senkrechten Schnitt von der Spitze zur Basis geteilt ist. (Abb. 120.) Die Lage der Lungen innerhalb des inneren Blattes des Brustfelles ist auf Seite 153 genau beschrieben. Der Teil der Lunge, der mit dem Brustfell über die obere Brustkorböffnung hinausreicht, heißt Lungenspitze. Die Schnittfläche des Kegels ist medialwärts gekehrt, verläuft an der Grenze des Mittelfellraums und ist leicht ausgehöhlt. In der Mitte der Aushöhlung tritt die Lungenwurzel, der Bronchus mit den Blutgefäßen, in die Lunge ein. Die Basis des Kegels ist nach unten gekehrt und entsprechend der Wölbung des Zwerchfelles ebenfalls ausgehöhlt, also an der rechten Lunge stärker als an der linken. Die rechte Lunge wird in drei Lappen, den oberen, mittleren und unteren, die linke in zwei Lappen, den oberen und unteren geteilt. Die Farbe der Lungen ist graurötlich. Das Lungenfell ist untrennbar mit der Oberfläche der Lunge verwachsen. Die Oberfläche der Lungen erscheint daher spiegelnd glatt, da die ganze Brustfellhöhle mit einem glatten, spiegelnden Epithel ausgekleidet ist, und kann sich ungehindert gegen die Brustwand verschieben.

Die Lungen sind aus einem dreifachen Kanalsystem zusammengesetzt, dessen Teile sich wie die Zweige eines Baumes immer feiner verästeln und wie die Kronen von zu dicht nebeneinander stehenden Bäumen ineinander greifen. (Abb. 121.) Es sind 1. die Verzweigungen der Luftwege, 2. die Verzweigungen der Lungenarterie und 3. die Verzweigungen der Lungenvenen. Die Bronchien und ihre nächsten Äste haben

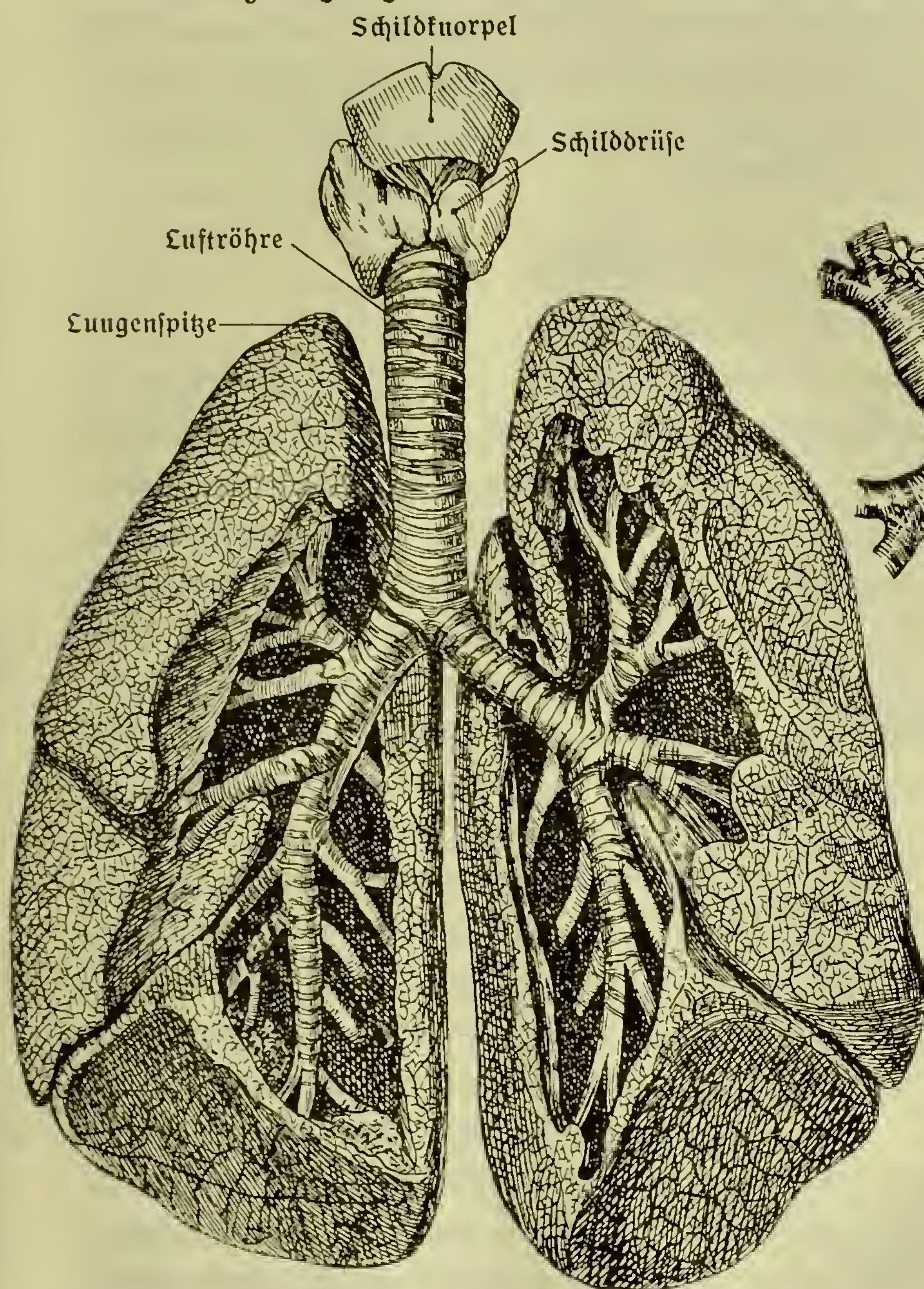




Abb. 121. Die letzten Verästelungen der Luftröhrenäste mit den Lungenalveolen. 9 mal vergrößert. (Bardeleben.)

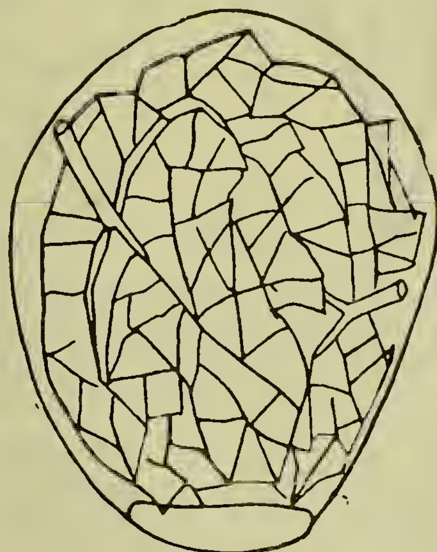


Abb. 120. Die Luftröhre mit ihren beiden großen Ästen und den weiteren Verzweigungen in den Lungen (Bronchialbaum), von vorn. $^2/_5$ nat. Größe. (Bardeleben.)

Abb. 122. Ein Lungenbläschen mit dem Kapillarnetz der Lungengefäße (schematisch nach Rosin).

noch, wie die Luftröhre, Knorpelringe. Diese verschwinden bei den weiteren Verästelungen. Die Wände werden immer dünner und enden in kleinen Blindsäcken, den Lungenbläschen oder Alveolen Die Verzweigungen und die Lungenbläschen sind, wie die Bronchien, mit Epithel, aber ohne Flimmerhaar, ausgekleidet. Die feinsten Verzweigungen bestehen nur aus einer ganz dünnen Faserschicht und dem Epithel. Die beiden anderen Kanalsysteme hängen, wie es bei den Arterien und Venen stets der Fall ist, durch feinste Haargefäße, die Kapillaren, miteinander zusammen. Sie stehen wieder mit den Verzweigungen der Luftröhre dadurch in Verbindung, daß die Kapillaren in den Wänden der Lungenbläschen verlaufen. (Abb. 122.) Die drei Kanalsysteme werden durch Bindegewebe, in das zahlreiche elastische Fasern einge-

bettet sind, zusammengehalten. Der eigentliche Gasaustausch zwischen Blut und Luft findet in den Lungenbläschen und den in ihrer Wand verzweigten Kapillaren statt. Die Zahl der Lungenbläschen wird sehr verschieden angegeben. Es mögen etwa 400 Millionen sein. Die Innenfläche jedes Lungenbläschens ist etwa $^1/_3$ qmm groß, so daß die Gesamtheit ihrer Wandfläche etwa 130 qm beträgt, wovon ungefähr $^3/_4$, also rund 100 qm, von den Blutkapillaren eingenommen wird und demnach als eigentliche Atemfläche gelten kann. Die Lungen enthalten auch Arterien für ihre eigene Ernährung und Nerven. Die elastischen Fasern verleihen ihnen eine sehr große Elastizität, die dauernd bestrebt ist, die Lunge zu verkleinern.

2. Mechanik der Atmung.

A. Die Atembewegungen.

Die Atmung besteht aus Einströmen (Einatmung) und Auspressen (Ausatmung) von Luft. Die Lungen werden bei der Einatmung erweitert und ziehen sich bei der Ausatmung wieder zusammen. Schon die gewählten Ausdrücke sollen andeuten, daß die Einatmung ohne jede Selbsttätigkeit der Lunge vor sich geht, die Ausatmung dagegen im wesentlichen Arbeitsleistung der Lunge ist. Ja, die Lunge ist bei der Einatmung nicht nur passiv, ihre Eigenkraft, die Elastizität, leistet der Einatmung sogar Widerstand, der erst durch fremde Kraft überwunden werden muß. Die fremde Kraft ist der Luftdruck, der vermittels der Luftwege auf den Innenwänden der Lunge lastet. Er ist jedoch in der Ausatmungsstellung unwirksam, da ihm vom Luftdruck, der außen auf dem ganzen Körper und somit den Wänden der Brusthöhle lastet, die Wage gehalten wird. Der äußere Luftdruck wird jedoch für die Lungen durch das Heben des Brustkorbes oder das Heruntersteigen des Zwerchfelles bei der Einatmung aufgehoben. (Abb. 123 u. 124.) Der auf den Innenwänden der Lungen lastende Luftdruck kann nun natürlich mit Leichtigkeit die Elastizität der Lungen überwinden. Er drängt die Lungen in den zwischen ihnen und dem Brustkorb entstehenden luftleeren Raum fortschreitend nach, so daß die Lungen dauernd der Innenfläche des Brustkorbes anliegen und allen seinen Bewegungen folgen. Die Brusthöhle wirkt dabei, wie man sieht, genau wie eine Luftpumpe, weshalb man auch bei der Einatmung, wie bei der Luftpumpe, vom Ansaugen der Luft spricht, während es sich in beiden Fällen um Nachdrängen der Luft durch den Luftdruck handelt. Sobald die Einatmungsmuskeln erschlaffen, muß der auf den Außenwänden der Brusthöhle lastende Luftdruck den auf die Innenwände der Lunge wirkenden Luftdruck wieder aufheben. Die Elastizität der

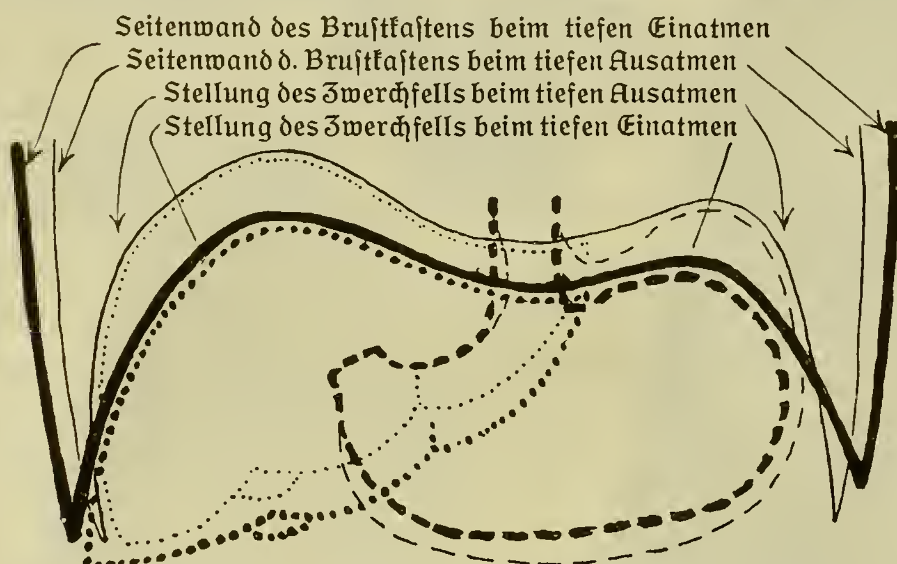


Abb. 123. Lage des Zwerchfells, der Seitenwand des Brustkastens, der Leber und des Magens beim tiefen Einatmen und beim tiefen Ausatmen. (Die Lebergrenzen sind punktiert, die Magengrenzen gestrichelt.) (Nach Hasse.)

Lunge wird daher frei und muß die Luft aus den Lungen herauspressen. Die Ausatmung erfolgt, der Brustkorb sinkt, nachfolgend, durch seine eigene Schwere herab oder wird durch die Bauchmuskeln herabgezogen. Das Zwerchfell wird durch die Elastizität der Bauchdecken, durch Zusammenziehen der Bauchmuskeln oder, wie wir jetzt neu hinzunehmen und verstehen können, durch den auf der Bauchwand lastenden Luftdruck in die Höhe gedrückt. Die Elastizität der Lunge preßt also die Luft aus, wozu die Ausatmungsmuskeln nur in verschwindendem Grade beitragen. Die Ausatmungsmuskeln des Brustkorbes sind auch sehr wenig dazu geeignet, da bei ihrer Zugrichtung nur ein ganz geringer Bruchteil ihrer Kraft im Sinne des Auspressens der Luft wirken kann, während die entsprechende Wirkung der Bauchpresse und des auf dem Bauch lastenden Luftdruckes (die ja durch Vermittelung des Bauchinhaltes unmittelbar nach oben drücken) durch das Zwerchfell beendet wird, das nur bis zu einer bestimmten Höhe nach oben nachgibt.

Die Richtigkeit dieser Überlegung wird durch eine Krankheit, die Lungenerweiterung, bewiesen, bei der die Elastizität der Lunge mehr oder weniger fehlt. Denn es wird hier tatsächlich nur eine geringe Menge Luft ausgepreßt, die Lungen beharren in ausgedehntem Zustande und erhalten auch den Brustkorb in Einatmungsstellung, die durch die größte Anstrengung der Ausatmungsmuskeln nur verhältnismäßig wenig verändert wird. Die Folge ist natürlich geringe Atmungsgröße und geringe Leistungsfähigkeit.



Abb. 124. Stellungsveränderung der vorderen Leibeswand bei der Atmung: 1 beim Manne, 2 beim Weibe. Es bedeutet: | = stärkste Ausatmung, : = stärkste Einatmung, ▤ = Umfang der ruhigen Ein- u. Ausatmung. (Nach Ranke.)

Die Atembewegungen erfolgen unwillkürlich in bestimmter Folge und bestimmter Tiefe, die sich nach dem Atembedürfnis richten. Man kann die Atmung aber auch kurze Zeit willkürlich regeln.

B. Das Fassungsvermögen der Lungen.

Die Elastizitätskraft der Lungen ist recht groß. Sie übt nach ausgiebigster Einatmung bei Beginn der Ausatmung im Mittel einen Druck von etwa 3 % Atmosphärendruck aus, was einer Belastung von rund 30 g auf den Quadratzentimeter ihrer Oberfläche entspricht. Die Kraft sinkt dann allmählich, beträgt aber in Ausatmungsstellung noch etwa 0,8 % Atmosphärendruck. Daraus folgt, daß die Lungen auch in Ausatmungsstellung noch gedehnt sein müssen, und zwar ebenfalls durch den auf der Innenfläche der Lungen lastenden Luftdruck. Daraus folgt weiter, daß die Lungen auch in tiefster Ausatmungsstellung noch Luft enthalten müssen. Jede Eröffnung eines Brustfellraumes, etwa durch eine äußere Verletzung, erbringt den Beweis dafür. Es dringt Luft in den Brustfellraum, so daß der äußere Luftdruck unmittelbar auf die Oberfläche der Lunge

wirkt und den auf der Innenfläche der Lunge lastenden Luftdruck aufhebt. Sofort kommt der Rest der Lungenelastizität zur Wirkung. Die Lunge schnellt aufs äußerste zusammen und preßt fast alle in ihr enthaltene Luft aus. Man kann den Versuch an der frischen Leiche durch künstliche Eröffnung des Brustfellraumes anstellen.

Aber auch dann bleiben in den Lungen noch gewisse Luftmengen zurück, denen die Lungenzusammenziehung durch Zusammenpressen feinster Luftwege den Ausweg verlegt. Die herausgeschnittenen Lungen schwimmen daher auf dem Wasser mit Ausnahme von Lungen totgeborener Kinder, die nie geatmet haben und daher keine Luft enthalten. Diese sogenannte Schwimmprobe hat gerichtsärztliche Bedeutung bei der Feststellung eines Kindesmordes. Sinken die Lungen unter, so war das Kind sicher tot geboren. Die in den herausgeschnittenen Lungen verbleibende Luftmenge kann man durch verschiedene Methoden annähernd schätzen. Diese Menge und die bei beiderseitiger Eröffnung der Brustfellräume aufgefangene und gemessene Luft ergibt zusammen etwa 1500 ccm und wird rückständige Luft genannt, da sie unter normalen Verhältnissen auch bei tiefster Ausatmung in der Lunge verbleibt. Man atmet nun bei ruhiger Ausatmung naturgemäß nicht ebensoviel Luft aus wie bei tiefster Ausatmung. Die Luftmenge, die bei ruhiger Ausatmung außer der „rückständigen Luft" noch in der Lunge zurückbleibt, wird Vorratsluft genannt und beträgt ebenfalls etwa 1500 ccm. Die Luftmenge, die bei ruhiger Atmung dauernd ein- und ausgeatmet wird, heißt Atmungsluft und beträgt ungefähr 500 ccm. Schließlich heißt die Luftmenge, die bei tiefster Einatmung noch über die gewöhnliche Einatmung hinaus in die Lunge eindringt, Ergänzungsluft und beträgt wiederum rund 1500 ccm. Danach beträgt die Gesamtluftmenge, die sich nach tiefster Einatmung in den Lungen befindet, etwa 5000 ccm, von denen die 1500 ccm rückständige Luft für die Atmung offenbar überhaupt nicht in Frage kommen. Die übrigen 3500 ccm Luft sind die größte Luftmenge, die überhaupt ein- und ausgeatmet werden kann. Man nennt sie nach Hutchinson Vitalkapazität der Lunge, da sie ein Maß des für das Leben in Frage kommenden Fassungsvermögens der Lunge abgibt. Die Lunge kann demnach die siebenfache Menge der Luft aufnehmen, die bei gewöhnlichem Atmen ein- und ausströmt. Die Ansprüche an die Lunge können dementsprechend gesteigert werden. Die angegebenen Zahlen sind Mittelwerte, die Vitalkapazität läßt sich durch den Spirometer feststellen. Da zeigt sich denn, daß die Vitalkapazität bei den verschiedenen Menschen verschiedene Werte zeigt und auch bei einzelnen Menschen durch Übung erhöht werden kann (bis 5000 oder 6000 ccm).

Die Einatmungs- und Ausatmungskräfte werden offenbar durch erhöhte Ansprüche an die Atmung, z. B. bei Leibesübungen, gestärkt, Brustkorbheber und Zwerchfell werden kräftiger, die Rippenknorpel bleiben elastisch, die Dehnungsfähigkeit und Elastizität der Lungen nimmt zu. So werden die Atembewegungen ausgiebiger, ein Teil der rückständigen Luft kann ausgepreßt und die Menge der Ergänzungsluft vermehrt werden. Auch der Bauchinhalt spielt eine wichtige Rolle bei den Atembewegungen. Reichliche Mahlzeiten oder Gasauftreibungen nach blähender Speise vermindern vorübergehend die Einatmungsfähigkeit, da das Zwerchfell nicht so tief heruntertreten kann. Große Fettansammlungen in der Bauchhöhle, der Umfang der Leibesfrucht bei der werden-

den Mutter haben die gleiche Wirkung. Vornübergebeugte Körperhaltung, z. B. beim Radfahren, oder Verwachsungen in der Bauchhöhle, etwa nach Bauchfellentzündungen, vermindern die Beweglichkeit des Bauchinhaltes und damit das Heruntertreten des Zwerchfelles.

Viele Menschen können nicht richtig tief atmen, besonders wenn sie beim Arzt oder bei Atemübungen willkürlich tief atmen sollen. Sie machen dann zwar die ausgiebigsten Atembewegungen, schließen dabei aber unwillkürlich die obere Öffnung des Kehlkopfes, so daß keine Luft in die Lungen einströmen kann. Das gleiche geschieht bei allen Menschen reflektorisch, wenn die Grenze der Ausdehnungsfähigkeit der Lunge erreicht ist, zur Schonung der Lungenelastizität. Der Brustkorb kann dann mit Gewalt noch mehrere Zentimeter erweitert werden, als Ausgleich sinkt aber trotz unserer größten Gegenwehr der eben noch vorgewölbte Bauch fortschreitend in gleichem Maße ein. Der auf ihm lastende Luftdruck drängt Zwerchfell und Bauchinhalt in den entstehenden luftleeren Raum in der Brustfellhöhle hinein, ein Druck, dem die Kraft des Zwerchfelles natürlich nicht gewachsen ist.

Auch die Ausdehnungsfähigkeit der Lunge kann durch Übung gesteigert werden, nur muß es mit Vorsicht geschehen, damit keine Überdehnung und damit Lungenerweiterung eintritt. Die Abnahme der Vitalkapazität in höheren Jahren beruht sehr wesentlich auf Abnahme der Ausdehnungsfähigkeit der Lungen und beginnt schon Ende der dreißiger Jahre, kann aber durch Übung hintangehalten, ja sogar in Zunahme verwandelt werden.

Die Zahl der Atemzüge beträgt in der Ruhe bei Erwachsenen 16—20 in der Minute, bei Kindern entsprechend der höheren Pulszahl mehr. Die Lungen kommen den höheren Ansprüchen an ihre Leistungsfähigkeit nicht nur durch Vertiefung der einzelnen Atemzüge, sondern auch durch Vermehrung der Zahl der Atemzüge bis aufs 7- oder 8fache nach. Die einzelnen Atemzüge werden dabei allmählich flacher, so daß die Gesamtluftmenge selbst bei äußerster Anstrengung durch Schnelligkeitsübungen für ganz kurze Zeit nur auf das 15—20fache vermehrt wird, obgleich im einzelnen Atemzug schon 6—7mal soviel Luft als in der Ruhe eingeatmet werden kann.

C. Druckveränderungen in der Brusthöhle infolge der Atembewegungen.

Die Lungen werden durch den Druck der einströmenden Luft gedehnt. Dieser Druck kommt aber nur bei langsamer Einatmung in vollem Grade zur Geltung. Die engen Luftwege lassen bei schneller Erweiterung des Brustraumes nicht so viel Luft hindurch, als zur vollen Ausfüllung des entstehenden Raumes nötig wäre. Infolgedessen entsteht verdünnte Luft in der Lunge, deren Druck geringer als der Atmosphärendruck oder, wie man sich ausdrückt, negativ ist. Der Druck wird um so niedriger, je schneller eingeatmet wird, und steigt erst am Ende der Einatmung allmählich wieder an. Der negative Druck bleibt natürlich um ein Vielfaches höher als der Elastizitätsdruck der Lunge und wird sie in der gleichen Weise dehnen und an die Innenfläche des Brustkorbes anpressen wie der volle Atmosphärendruck. Der Druck in der übrigen Brusthöhle wird immer noch niedriger sein als der Druck in den Lungen, da ja ein Teil dieses Druckes durch die Elastizität der Lungen aufgefangen wird.

Die Luft kann umgekehrt bei beschleunigter Ausatmung infolge der Widerstände der engen Luftwege nicht so schnell entweichen, daher entsteht eine vorübergehende Luftverdichtung und damit Druckerhöhung (über Atmosphärendruck) in der Lunge. Auch jetzt wird der Druck in der übrigen Brusthöhle geringer als in der Lunge und daher bei ruhiger Ausatmung immer noch niedriger als der Atmosphärendruck sein und erst bei energischer, schneller Ausatmung über den Atmosphärendruck ansteigen.

Der Druck wird besonders hoch, wenn starke Ausatmungsbewegungen bei geschlossenen Luftwegen ausgeführt werden. Er steigt dann bis zur wirkenden Kraft der Ausatmungsmuskeln, ein Vorgang, der Pressung genannt wird und bei umfangreichen Kraftübungen in Erscheinung tritt. Diese Druckschwankungen in der Brusthöhle sind von großem Einfluß auf den Blutkreislauf, wie Seite 195—198 näher ausgeführt wird.

3. Der Gasaustausch bei der Lungenatmung.

Alle Lebensvorgänge im menschlichen Körper beruhen auf einer Verbindung von Sauerstoff mit anderen Stoffen, meist Kohlenstoff, die man Oxydation oder Verbrennung nennt. Das Produkt dieser Verbrennung ist die Kohlensäure. Die Körperteile erhalten Sauerstoff und Kohlenstoff aus dem Blut und geben die Kohlensäure an das Blut ab. Das Blut wieder entnimmt den Sauerstoff in den Lungen aus der Luft und gibt die entstandene Kohlensäure in den Lungen an die Luft ab. Die Lungen sind also zugleich Aufnahmeorgane und Ausscheidungsorgane. Die Aufnahme des Sauerstoffs in das Blut und die Abgabe der Kohlensäure an die Luft in den Lungen heißt Lungenatmung. Die Abgabe des Sauerstoffs an die Gewebe und die Aufnahme der Kohlensäure in das Blut aus den Geweben heißt Gewebsatmung.

A. Gasaustausch zwischen Atmungsluft, Alveolarluft und Blut.

Die ausgeatmete Luft muß nach den bisherigen Erörterungen weniger Sauerstoff und mehr Kohlensäure enthalten als die eingeatmete Luft. Dieser Schluß wird durch Untersuchungen von Einatmungsluft und Ausatmungsluft bestätigt. Die atmosphärische Luft, also die Einatmungsluft, ist eine gleichmäßige Mischung von rund 79 Volumprozent Stickstoff, 21 Volumprozent Sauerstoff und 0,03 Volumprozent Kohlensäure. Der Stickstoff erscheint in der Ausatmungsluft in unveränderter Menge wieder, der Sauerstoff hat abgenommen, die Kohlensäure um nahezu die gleiche Menge zugenommen. Die Zahlen seien des besseren Vergleiches wegen nebeneinandergestellt.

Tabelle 1.

	Einatmungsluft Volumprozent	Ausatmungsluft Volumprozent
Stickstoff	79	79
Sauerstoff	21	16
Kohlensäure . . .	0,03	4

Die Zusammensetzung der Ausatmungsluft ist Schwankungen unterworfen.

Der Vergleich der Einatmungsluft und der Ausatmungsluft genügt aber noch nicht, denn das Blut entnimmt seinen Sauerstoffbedarf nicht unmittelbar der Einatmungsluft, sondern dem Luftgemenge innerhalb der Lungenbläschen, der Alveolarluft. Diese ist aber ganz anders zusammengesetzt als die Einatmungsluft, da sie nicht mit ein- und aus-

geatmet wird. Ihre Menge wechselt naturgemäß. Sie umfaßt stets die gesamte rückständige Luft und je nach der Tiefe der Atmung außerdem noch Teile oder die Gesamtheit der Vorratsluft. Die Alveolarluft erneuert sich durch Eintausch eines Teiles ihrer Kohlensäure gegen einen Teil des Sauerstoffes der Einatmungsluft. Dieser Gasaustausch hat nur 4—5 Sekunden zur Verfügung. Es ist daher nicht wunderbar, daß die Alveolarluft wesentlich weniger Sauerstoff und wesentlich mehr Kohlensäure enthält als die Ausatmungsluft. Die Annahme von 15 Volumprozent Sauerstoff und 6 Volumprozent Kohlensäuregehalt in der Alveolarluft wird ungefähr den tatsächlichen Verhältnissen bei ruhiger Atmung entsprechen, wenn wir auch keine unbedingt genauen Untersuchungsergebnisse der Alveolarluft besitzen.

Der Sauerstoff- und Kohlensäuregehalt der Alveolarluft und Ausatmungsluft sei der besseren Anschaulichkeit wegen nebeneinandergestellt.

Tabelle 2.

	Alveolarluft Volumprozent	Ausatmungsluft Volumprozent
Sauerstoff	15	16
Kohlensäure . . .	6	4

Der Gasaustausch zwischen Blut und Außenluft findet also folgendermaßen statt: Die Kohlensäure tritt 1. aus dem Lungenblut in die Alveolarluft, 2. aus der Alveolarluft in die Atemluft und wird 3. in der Ausatmungsluft aus den Lungen herausgepreßt. Der Sauerstoff strömt 1. in der Einatmungsluft in die Lungen ein, tritt 2. von der Atemluft in die Alveolarluft und 3. von der Alveolarluft in das Lungenblut. Die erste Phase der Sauerstoffaufnahme und die letzte dritte Phase der Kohlensäureabgabe besteht in der Einatmung und Ausatmung, die in dem Abschnitt „Mechanik der Atmung" genau besprochen sind. Die übrigen Phasen des Gasaustausches gehen gleichzeitig durch Diffusion vor sich.

B. Die physikalischen Gesetze über die Diffusion der Gase.

Die Moleküle eines jeden Gases befinden sich in ständiger, gleichmäßiger Bewegung, so daß das Gas das Bestreben zeigt, sich nach allen Richtungen gleichmäßig auszudehnen. Es übt dabei auf seine Umgebung einen nach allen Richtungen gleichmäßigen Druck aus. Wird daher ein Gefäß, das ein bestimmtes Gas enthält, mit einem anderen Gefäß, das dies Gas nicht enthält, in Verbindung gebracht, so wird sich das Gas so lange in das neue Gefäß hinein ausdehnen, bis sein Druck im alten und neuen Gefäß völlig gleich ist, d. h. bis beide Gefäße gleichmäßig erfüllt sind. Der Druck muß dabei größer oder kleiner sein, je nachdem sich mehr oder weniger Gas in einem Raum von bestimmter Größe befindet, da die Bewegung vieler Moleküle einen stärkeren Druck als die Bewegung weniger Moleküle ausüben muß. Das Gas übt nun genau den gleichen Druck aus, sei es, daß es sich allein oder mit anderen Gasen gemischt in demselben Raum befindet. Daher streben alle Gase danach, sich in dem Raum gleichmäßig auszudehnen und den Raum gleichmäßig zu erfüllen, und zwar jedes Gas mit dem ihm speziell innewohnenden Druck, der von dem Druck der anderen Gase völlig unabhängig ist. Man spricht daher von dem Partialdruck jedes einzelnen Gases. Jedes neue Gas, das wir in einen mit einem anderen Gas gefüllten Raum bringen, wird sich also so

lange in dem Raum ausdehnen, bis sein Partialdruck überall gleich ist, d. h. bis es den Raum überall gleichmäßig füllt und beide Gase gleichmäßig miteinander gemischt sind. Man nennt diesen Vorgang Diffusion der Gase. Die Diffusionsgesetze gelten wie bei offener Berührung auch dann, wenn die Gase durch poröse Scheidewände getrennt sind. Ebenso dringen Gase in eine Flüssigkeit ein, wobei es wieder gleich ist, ob die Flüssigkeit offen mit dem Gas in Berührung steht oder durch eine poröse Wand von ihm getrennt ist. Die Diffusion dauert so lange an, bis der Partialdruck des Gases in der Flüssigkeit dem Partialdruck in der Umgebung gleich ist. Die nach Abschluß der Diffusion in der Flüssigkeit befindliche Gasmenge braucht dabei nicht gleich der Gasmenge in der Umgebung zu sein. Das Gas kann nämlich nur die Molekularlücken einer Flüssigkeit ausfüllen und in diesen den gleichen Partialdruck wie in der Umgebung erreichen. In ähnlicher Weise endet auch die Diffusion zweier Gase, wenn das eine dauernd weiter zufließt.

Der Partialdruck des Gases muß bei der Diffusion in dem ursprünglichen Behälter dauernd abnehmen, in dem zweiten Behälter oder in der Flüssigkeit dauernd zunehmen, da die Zahl der Gasmoleküle und die Kraft ihrer Bewegung im ursprünglichen Behälter dauernd kleiner, in dem neuen Behälter oder in der Flüssigkeit dauernd größer wird. Damit wird der Druckunterschied in beiden dauernd kleiner. Die Diffusion hängt natürlich nur vom Druckunterschied ab, muß sich also entsprechend der Abnahme des Druckunterschiedes fortdauernd verlangsamen, bis sie bei Ausgleich des Druckunterschiedes völlig aufhört.

C. Möglichkeit des schnellen Gasaustausches zwischen Lungenblut und Alveolarluft.

Der Gasaustausch von Sauerstoff und Kohlensäure zwischen Alveolarluft und Atmungsluft einerseits und zwischen Lungenblut und Alveolarluft andererseits findet nach den im vorigen Abschnitt erörterten Diffusionsgesetzen statt.

Der Austausch zwischen Alveolarluft und Atmungsluft muß in der Ruhe in 4—5 Sekunden beendet sein, der Austausch zwischen Lungenblut und Alveolarluft sogar in etwa $^4/_5$ Sekunde, entsprechend der Zeit eines Herzschlages, und zwar sollen in dieser Zeit etwa 80—100 ccm den Austausch vollziehen. Das erscheint bei der Kürze der Zeit undenkbar. Nun sind die 100 ccm aber über das ganze ausgedehnte Kapillarnetz der Lungenalveolen verteilt, das nach Seite 160 nahezu 100 qm einnimmt. Die 100 ccm Blut bilden also eine dünne, nur $^1/_{1000}$ mm hohe Schicht, die eine Oberfläche von etwa 100 qm hat. Die Möglichkeit eines Gasaustausches wird dadurch wohl verständlich. Trotzdem kommt auch hier kein völliger Ausgleich mit den Gasen der Alveolarluft zustande, ebensowenig wie zwischen den Gasen der Alveolarluft und der Ausatmungsluft.

D. Die Größe des Gaswechsels in der Lunge.

Der Sauerstoff- und Kohlenstoffbedarf muß durch lebhafte Tätigkeit wachsen, da alle Lebensvorgänge des menschlichen Körpers auf der Verbindung von Sauerstoff und Kohlenstoff beruhen. Damit muß auch die Aufnahme von Sauerstoff und die Abgabe von Kohlensäure bei der Atmung zunehmen. Die Menge der ausgeatmeten Kohlen-

säure ist der unmittelbare Ausdruck der stattgehabten Sauerstoff-Kohlenstoffverbindung. Der Mensch wird also bei Bettruhe am wenigsten Kohlensäure ausatmen. Diese Menge wird schon durch die Arbeit des Sitzens oder Stehens vermehrt, in höherem Grade durch Gehen, Marschieren, Bergsteigen und Laufen. Dem paßt sich die Atmung durch Vertiefung und Beschleunigung an. Die Menge der ein- und ausgeatmeten Luft kann, wie wir sahen, durch Vertiefung der Atmung auf das 6—7fache des Ruhewertes gesteigert werden. Die Zahl der Atemzüge, die bei Erwachsenen in der Ruhe 16—20 beträgt, kann sich ebenfalls auf das 6—7fache vermehren. Das geschieht aber auf Kosten der Tiefe der Atemzüge, so daß die Menge der in der Minute ein- und ausgeatmeten Luft kaum höher als auf die 12—15fache Menge des Ruhewertes gesteigert werden kann. Die Steigerungsfähigkeit kann übrigens durch Übungen (mittelbare und unmittelbare Atemübungen) vermehrt werden. Die Steigerung des Gaswechsels ist vielleicht noch etwas größer, da sich der Gasaustausch der Alveolarluft mit der 6fach vermehrten Einatmungsluft natürlich schneller vollzieht, allerdings auch in kürzerer Zeit beendet sein muß, ebenso der Gasaustausch zwischen Lungenblut und Alveolarluft. Die Steigerung der Kohlensäureausscheidung wird durchschnittlich auf das 9—10fache des Ruhewertes angegeben, Kolb hat aber für kurz dauernde Höchstleistungen, und zwar für Rennrudern, die 20fache Menge der Kohlensäureausscheidung berechnet. Davon ist ein Teil durch die Mehrleistung der verstärkten Atmung selbst bedingt, drückt also keine Vermehrung der gewollten Arbeit aus. Der Nutzungswert der Arbeit kann durch Übung noch bedeutend mehr als die Arbeitsleistung selbst gesteigert werden, da ein ungeübter Mensch sehr viele nutzlose Bewegungen macht, worauf Seite 245 u. 273 näher eingegangen wird.

Auch alle anderen Lebensvorgänge beruhen auf Verbindung von Sauerstoff und Kohlenstoff, vermehren also die Kohlensäureausscheidung. Dabei steht nächst der Muskelarbeit die Arbeit der Verdauungsorgane nach der Nahrungsaufnahme obenan. Aber auch geistige Arbeit gehört hierher.

Die Menge der Kohlensäureausscheidung ist schon in der Ruhe bei verschiedenen Menschen völlig verschieden. Muskelkräftige Menschen haben auch in der Ruhe höhere Kohlensäureausscheidung als muskelschwache Menschen, Männer höhere als Frauen. Kinder atmen verhältnismäßig mehr Kohlensäure aus als Erwachsene, wenn natürlich auch die absolute Menge bei Erwachsenen größer ist. Das folgt aus der Notwendigkeit vermehrter Wärmebildung infolge größerer Wärmeabgabe der Kinder. Die größere Wärmeabgabe ergibt sich wieder aus der verhältnismäßig größeren Hautoberfläche der Kinder, die wie alle kleinen Körper eine größere Oberfläche im Verhältnis zu ihrer Masse besitzen als große Körper.

Da die Menge der Kohlensäureausscheidung ein Ausdruck des Stoffverbrauchs ist, so kann man aus ihr wichtige Schlüsse für eine zweckmäßige Ernährung bei Leibesübungen ziehen. Natürlich muß dabei die Menge der eingeatmeten Kohlensäure (etwa 0,03 Volumprozent in freier Luft) in Abzug gebracht werden. Die Größe des Stoffwechsels wird durch folgende Zusammenstellung veranschaulicht. Ruhe bedeutet natürlich nicht vollkommene Ruhe, die kein Mensch längere Zeit einhalten kann, sondern gewöhnliche Ruhe im Liegen, die man mehrere Tage durchführen kann. Arbeit bedeutet

leichte Arbeit, schwerste Arbeit Höchstleistungen, die nur kurze Zeit hintereinander ausgeführt werden können.

Tabelle 3.

In 24 Stunden wird ausgeatmet

	Ausatmungsluft Liter	Kohlensäure Liter	Kohlensäure Gramm	Enthaltend Kohlenstoff Gramm	Entsprechend Steinkohlen Gramm
in Ruhe	8000—9000	374	710	193	257
bei Arbeit	11 500	506	960	261	348

Tabelle 4.

In 1 Minute wird ausgeatmet

	Ausatmungsluft Liter	Kohlensäure Liter	Kohlensäure Gramm	Enthaltend Kohlenstoff Gramm	Entsprechend Steinkohlen Gramm
in Ruhe	5—6	$\frac{1}{4}$	0,5	0,136	0,17
bei Arbeit	8	$\frac{1}{3}$	0,66	0,18	0,24
bei schwerster Arbeit	75—90	5	10	3	3,5

Die vom Körper aufgenommene Sauerstoffmenge ist, wie wir sahen, etwas größer als die ausgeatmete Kohlensäuremenge. Der Sauerstoff kann also nicht völlig zur Oxydation des Kohlenstoffes verbraucht sein. Der Rest dient denn auch tatsächlich dazu, den im Körper frei werdenden Wasserstoff, dessen Menge nach der Art der Ernährung verschieden ist, zu Wasser zu oxydieren. Besonders der Abbau von Fett liefert überschüssigen Wasserstoff, wobei es gleich ist, ob das Fett aus der Nahrung stammt oder ob Körperfett zur Krafterzeugung eingeschmolzen wird. Daher bleibt der Schluß auf den Energieverbrauch des Körpers aus der Kohlensäureausscheidung ungenau, wenn nicht die Menge des eingeatmeten Sauerstoffes in Betracht gezogen wird. Die Differenz von eingeatmetem Sauerstoff und ausgeatmeter Kohlensäure heißt respiratorischer Quotient.

E. Die Wasserabgabe durch die Lungen.

Der ganze Stoffwechsel und, wie wir sahen, die dazu gehörige Lungenatmung unterliegt den allgemein gültigen physikalischen Gesetzen. Das gilt auch von der bisher noch nicht besprochenen Wasserabgabe durch die Lungen.

Das Wasser ist, wie ein Gas, bestrebt, sich nach allen Richtungen auszubreiten, aber nicht in seiner flüssigen Form, sondern in Gasform, als Wasserdampf. Daher verdunstet jede Wasserfläche Wasserdampf. Der sichtbare Nebel ist allerdings nicht, wie vielfach geglaubt wird, Wasserdampf, sondern besteht aus flüssigem Wasser, das in feinste Tröpfchen verteilt ist. Wasserdampf dagegen ist gasförmig und völlig unsichtbar. Die Verdunstung findet unter einem bestimmten Druck, dem Verdunstungsdruck, statt. Der Wasserdampf in der Luft steht natürlich ebenfalls unter einem bestimmten Partialdruck, der wie bei allen Gasen mit der größeren Dichtigkeit oder Menge wächst. Er muß also bei einer bestimmten Dichtigkeit des Wasserdampfes gleich dem Verdunstungsdruck des Wassers werden und damit jede weitere Verdunstung verhindern. Man spricht dann von der Sättigung der Luft mit Wasserdampf. Der Verdunstungsdruck des Wassers wächst mit der höheren Temperatur. Dann ist auch ein höherer Partialdruck, d. h. eine größere Dichtigkeit oder Menge des Wasser-

dampfes in der Luft nötig, um eine weitere Verdunstung von Wasser zu verhindern. Die Luft kann also mehr Wasserdampf aufnehmen, ihr Sättigungsgrad liegt bei höherer Temperatur höher.

Tabelle 5.
Der Sättigungsgrad der Luft beträgt

bei Temperatur von	Wasserdampf in 1 cbm Luft	bei Temperatur von	Wasserdampf in 1 cbm Luft
Grad	Gramm	Grad	Gramm
0	4,9	30	30,1
10	9,4	35	39,4
17	14,5	37	42,2

Die atmosphärische Luft ist meist nicht mit Wasserdampf gesättigt, sondern enthält im Mittel 50—70 % der Wasserdampfmenge, die zur Sättigung nötig ist. Man nennt diese tatsächlich vorhandene Feuchtigkeit die relative Feuchtigkeit.

Kühlt sich Luft, die mit Wasserdampf gesättigt ist, ab, so übt dessen Partialdruck auf den überschüssigen Wasserdampf, dessen Verdunstungsdruck ja mit der Abkühlung sinkt, einen so starken gegenteiligen Druck aus, daß der überschüssige Wasserdampf die Gasform nicht beibehalten kann und sich wieder zu Wasser verdichtet. Die feinsten Wassertröpfchen werden dann sichtbar als Nebel, als Tau, als Regen oder in der Ausatmungsluft als „sichtbarer Hauch".

Die Weichteile des menschlichen Körpers enthalten über 70 % Wasser, im besonderen ist die Lungenschleimhaut dauernd feucht. Die Wasserverdunstung von seiten dieser Schleimhäute wird daher unter nahezu den gleichen Bedingungen, wie sie eben besprochen wurden, vor sich gehen. Die Verdunstungsfläche ist nun sehr groß (allein die Innenfläche der Alveolen beträgt ja 130 qm), der mit Luft gefüllte Raum in den Lungen sehr niedrig. Daher wird die eingeatmete Luft in den Lungen trotz der kurzen Zeit der Berührung völlig mit Wasserdampf gesättigt und gleichzeitig auf die Temperatur der Wände, gleich 37^0, erwärmt werden. Daraus kann man die Menge des ausgeatmeten Wasserdampfes berechnen. Ein Mensch atmet bei mittlerer Arbeit (s. Tabelle 3 S. 168) in 24 Stunden 11500 l = 11½ cbm Luft aus. Die Luft würde bei völliger Sättigung bei mittlerer Temperatur von 17^{0}C (s. Tabelle 5) 166,75 g Wasserdampf enthalten, enthält aber tatsächlich durchschnittlich nur 60 % der Sättigung, also nur etwa 100 g Wasserdampf. Bei der Ausatmung sind die 11½ cbm Luft auf etwa 37^0 erwärmt und enthalten die Wasserdampfmenge, die zu ihrer vollen Sättigung bei 37^0 nötig ist, also 11,5 × 42,2 = 485,3 g. Davon sind die 100 g eingeatmeter Wasserdampf abzuziehen, so daß 485,3 — 100 = 385,3 g Wasserdampf durch die Lunge verdunstet werden.

Eine Luft von mittlerer, also 60^0 relativer Feuchtigkeit wird bei jeder Temperatur als angenehm empfunden, obgleich die in ihr enthaltene Wasserdampfmenge je nach der Temperatur verschieden ist. Luft mit geringerer relativer Feuchtigkeit wird als trocken empfunden und erregt Hustenkitzel, Luft von höherer relativer Feuchtigkeit wird als feucht empfunden und erzeugt in der Brust das Gefühl der Beklemmung. Der gefürchtete Wüstenwind Chamsin in Ägypten hat eine Temperatur von 38^0 und eine relative Feuchtigkeit von 12—15 %. Er entzieht daher den Lungen bei der oben gewählten Atmungsgröße rund 430 g Wasserdampf wie völlig mit Wasserdampf

gesättigte Luft von 0°. Trotzdem erregt der Chamsin Trockenheit von Mund und Nase und unerträgliches Durstgefühl, während die Luft mit dem gleichen Wasserdampfgehalt bei 0° als feucht empfunden wird. Nur entsteht die Trockenheit von Mund und Nase bei Chamsin nicht durch die lokale Wasserabgabe von seiten der Atmungsorgane, sondern durch die große Steigerung der Wasserabgabe durch die Haut. Die eigentlichen Organe der Wasserabgabe sind die Nieren, eine erhebliche Menge von Wasser wird zeitweise zwecks Wärmeregulierung durch die Haut abgegeben. Letztere steigt nun bei Chamsin von 600 g Durchschnitt auf 3 — 3½ — 4 kg in 24 Stunden. Diese große Menge erzeugt das Durstgefühl, das im Mund lokalisiert ist, und macht den Chamsin gefährlich; die 430 g Wasserabgabe durch die Lungen kommen dagegen gar nicht in Frage. Das unangenehme Gefühl bei den verschiedenen Graden der relativen Luftfeuchtigkeit ist stets ähnlich aus physiologischen Gründen zu erklären.

Die Wasserabgabe durch die Atmung unterliegt offenbar ziemlichen Schwankungen, sie wird bei niedriger Lufttemperatur verhältnismäßig größer als bei höherer Lufttemperatur sein. Sie ist eine physikalische Nebenerscheinung, ohne zum Wesen der Atmung zu gehören.

Zweites Kapitel.

Der Blutkreislauf.

Erster Abschnitt.

Blut und Lymphe.

1. Das Blut.

A. Zusammensetzung des Blutes.

Das Blut ist eine rote Flüssigkeit, die durch ein weitverzweigtes Röhrensystem in alle Körperteile getrieben wird. Es führt den Geweben das nötige Bau- und Brennmaterial zu und nimmt ihre Abfallstoffe auf, um sie zu den Ausscheidungsorganen zu bringen. Die Blutmenge beträgt bei Erwachsenen etwa 8% des Körpergewichtes, also nur 5 kg, beim Mann etwas mehr als beim Weibe, beim Neugeborenen etwas über 5%. Die rote Farbe des Blutes bleibt nicht immer gleich. Sie ist in den Arterien hellrot, in den Venen dunkelblaurot. Die Farbe stammt nicht etwa von gelöstem Farbstoff, sondern entsteht durch die große Zahl der in der Blutflüssigkeit herumschwimmenden roten Blutkörperchen. Das Blut enthält außer den roten Blutkörperchen noch die weißen Blutkörperchen und Blutplättchen. (Abb. 125.) Die Bedeutung der Blutplättchen ist noch nicht sicher bekannt, vielleicht sind sie Zerfallsprodukte der Blutkörperchen. Die Blutflüssigkeit heißt Blutplasma.

a) **Das Blutplasma.** Das Blutplasma besteht aus etwas über 90% Wasser und nahezu 10% festen Bestandteilen. Die festen Bestandteile enthalten über 7% Eiweißstoffe, darunter 0,25% Fibrinsubstanz und 1,5% andere feste Bestandteile, die aus Spuren von Kohlehydraten und Fetten, sowie aus Salzen, im besonderen Natriumsalzen und Kalksalzen bestehen. Alle Bestandteile sind zum Aufbau und zur Ernährung des Körpers notwendig. Ihre geringe Menge im Blut erklärt sich daraus, daß das Blut nur Transportmittel ist und sie sobald als möglich am Gebrauchsort ab-

gibt. Das Blutplasma enthält außerdem Abbaustoffe der Gewebe, im besonderen Harnstoff, der auch nur in geringer Menge vorhanden ist, da er sobald als möglich ausgeschieden wird. Außer den genannten Stoffen befinden sich Gase, im wesentlichen Sauerstoff und Kohlensäure, im Blut, dazu 1 % Stickstoff, der aber für den Stoffwechsel ohne Belang ist. Während die übrigen Stoffe zur Zeit ihres Transportes ausschließlich im Blutplasma verteilt sind, befinden sich der Sauerstoff und die Kohlensäure während des Transportes zum großen Teil in den roten Blutkörperchen.

Die Fibrinsubstanz bewirkt die Gerinnung des Blutes. Sie scheidet sich dabei in feinsten Fasern aus, die ein Geflecht bilden und die roten Blutkörperchen zwischen sich fassen. So entsteht eine festweiche rote Masse, der Blutkuchen. Der Blutkuchen zieht sich bei längerem Stehen immer mehr zusammen und preßt die Blutflüssigkeit aus. Diese Flüssigkeit heißt Blutserum, das streng vom Blutplasma unterschieden werden muß. Es ist Blutplasma ohne Fibrinsubstanz. Die Gerinnung des Blutes tritt ein, sobald das Blut aus den Blutgefäßen heraustritt oder die glatte Gefäßwand verletzt ist oder ein rauher Gegenstand in die Blutgefäße gelangt. Die Fähigkeit, die Gerinnung aufzuhalten, ist nicht nur den Gefäßwänden, sondern allen Gegenständen mit glatter Oberfläche eigentümlich. Die Gerinnung schützt den Körper bei kleinen Verletzungen vor Blutverlust, reicht aber bei Verletzungen größerer Blutgefäße nicht aus. Da muß künstliche Blutstillung an ihre Stelle treten.

Unsere Kenntnisse über das Blutserum sind in den letzten Jahrzehnten sehr bereichert worden. Das Blutserum bildet bei Behandlung mit Giften Gegengifte, worauf die Wirksamkeit von Heilserum beruht. Am bekanntesten ist das Diphtherieheilserum. Das Blutserum zerstört außerdem Blutkörperchen fremder Tierarten, worauf sich eine gerichtsärztliche Methode aufbaut, um die einzelnen Blutarten voneinander zu unterscheiden.

b) **Die roten Blutkörperchen.** (Abb. 125.) Die roten Blutkörperchen haben die Form runder Scheiben, deren beide Flächen leicht ausgehöhlt sind, und besitzen im Gegensatz zu den weißen Blutkörperchen keinen Zellkern. Ihr Durchmesser beträgt $^8/_{1000}$ mm, ihre Dicke am Rande $^2/_{1000}$ mm. 1 cmm Blut enthält beim Mann 5, bei der Frau 4,5 Millionen rote Blutkörperchen, so daß die Gesamtzahl der roten Blutkörperchen etwa 22 Billionen beträgt. Gestalt und Kleinheit der roten Blutkörperchen schaffen eine möglichst große Oberfläche im Verhältnis zu ihrer Masse. Ihre Gesamtoberfläche beträgt 2816 qm, so daß bei jedem Herzschlag 50 qm Oberfläche der roten Blutkörperchen zum Gasaustausch zur Verfügung stehen. Damit ist der schnelle Übergang der Gase aus dem Blutserum in die roten Blutkörperchen erklärt.

Die roten Blutkörperchen enthalten etwa 60 % Wasser. Die festen Bestandteile bestehen aus der Grundsubstanz, die nur etwa 5 % der festen Bestandteile ausmacht, und dem Blutfarbstoff (Hämoglobin). Das Hämoglobin bildet danach beim gesunden Menschen etwa 95 % der festen Bestandteile, etwa 40 % der roten Blutkörperchen überhaupt und etwa 12—15 % des Gesamtblutes. Der erwachsene Mensch hat danach etwa 720 g Hämoglobin. Die roten Blutkörperchen enthalten außerdem Kalisalze, das Hämoglobin Eisen. Die wichtigste physiologische Eigenschaft des Hämoglobins ist seine Fähigkeit, Sauerstoff aufzunehmen. Es geht dabei eine lockere chemische

Bindung mit dem Sauerstoff ein, die man Oxyhämoglobin nennt. Das Hämoglobin hat kirschrote Farbe, das Oxyhämoglobin hellrote. Das Oxyhämoglobin bleibt nur so lange bestehen, als noch genügend Sauerstoff im umgebenden Blutplasma vorhanden ist. Danach trennt es sich allmählich von seinem Sauerstoff, entsprechend der Sauerstoffabgabe des Blutplasmas an seine weitere Umgebung. Das Hämoglobin des Gesunden nimmt etwa die fünffache Menge des Sauerstoffbedarfes des ruhenden Menschen auf, doch kann seine Aufnahmefähigkeit durch Beschleunigung und Verstärkung der Herztätigkeit bis auf die neunfache Menge des Ruhewertes gesteigert werden, so daß auch bei Höchstleistungen immer noch die doppelte Menge des Sauerstoffbedarfes vorhanden ist. Der Körper versagt bei noch weiterem Sinken des Sauerstoffüberschusses seinen Dienst, so daß dieser Überschuß dauernd für unvorhergesehene Ansprüche der verschiedensten Körperteile verfügbar ist.

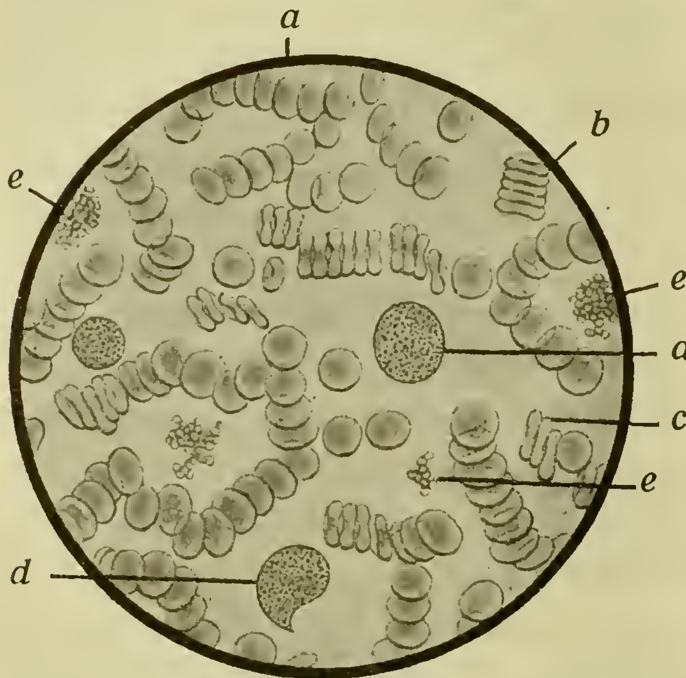


Abb. 125. Ein Blutstropfen unter dem Mikroskope. a, b, c = rote Blutkörperchen, d = weiße Blutkörperchen, e = Blutplättchen. (Nach Rosin.)

c) **Die weißen Blutkörperchen.** (Abb. 125.) Die weißen Blutkörperchen sind im Durchschnitt etwas größer als die roten Blutkörperchen. Sie sind kugelige Gebilde mit einem Kern und zeigen Eigenbewegungen und Gestaltsveränderungen wie einzellige Lebewesen. Sie vermögen wie diese fremde Stoffe, z. B. Bakterien, zum Schutze des Körpers in sich aufzunehmen und unschädlich zu machen und werden daher Freßzellen genannt. Sie heften sich an die Wände der Kapillaren an und wandern vermöge ihrer Gestaltsveränderungen in das umgebende Gewebe aus und werden daher Wanderzellen genannt. So bilden sie den Eiter und heißen dann Eiterkörperchen. Man sieht, die weißen Blutkörperchen haben mannigfache Aufgaben. Sie sind dem Blute nicht eigentümlich, sondern bilden ebenso einen Bestandteil der Lymphe, wo sie den Namen Lymphkörperchen führen. Ihre Zahl im Blute wechselt infolge des Auswanderns und schwankt zwischen 5000 und 10 000 im cmm. Danach kommt ein weißes Blutkörperchen auf 500 — 1000 rote Blutkörperchen.

d) **Die Erneuerung der Blutkörperchen.** Die Lebensdauer eines roten Blutkörperchens beträgt etwa zwölf Tage. Die nicht mehr lebensfähigen roten Blutkörperchen werden in der Leber und in der Milz zerstört. Die Leber bildet aus ihnen die Gallenfarbstoffe und andere Bestandteile der Galle. Neue rote Blutkörperchen entstehen, wie man annimmt, aus weißen Blutkörperchen. Daher findet man bei kleinen Kindern und nach großen Blutverlusten auch bei Erwachsenen, wo naturgemäß eine lebhaftere Neubildung stattfindet, rote Blutkörperchen mit Kernen. Die Umwandlung findet in der Milz und besonders im roten Knochenmark statt. Das rote Knochenmark füllt bei Kindern alle Knochen, bei Erwachsenen nur noch die Enden der großen Röhrenknochen und macht in höherem Alter noch weiter dem gelben, verfetteten Knochenmark Platz.

Die weißen Blutkörperchen gehen vielfach bei ihren Auswanderungen in das Gewebe zugrunde, wenn sie nicht mehr genügende Lebenskraft besitzen, um in die Blutgefäße zurückzukehren. Außerdem werden sie in der Milz eingeschmolzen. Neue weiße Blutkörperchen werden im wesentlichen in den Lymphfollikeln, von wo sie durch die Lymphe ins Blut gelangen, in der Milz und vielleicht im Knochenmark gebildet. Die Kinder mit ihrer lebhaften Neubildung von Blut besitzen noch einen besonderen Bildungsort der weißen Blutkörperchen, die Thymusdrüse, die im oberen vorderen Teil des Mittelfellraumes liegt und in den Entwicklungsjahren allmählich vollständig verfettet.

e) **Andere Veränderungen des Blutes, Drüsen mit „innerer Sekretion".** Die sogenannten „Drüsen mit innerer Sekretion", die im Gegensatz zu den wahren Drüsen keinen Ausführungsgang besitzen, vermögen die Zusammensetzung des Blutes zu beeinflussen. Ihre Absonderungen mischen sich einfach dem durchströmenden Blute bei. Hierher gehört die Seite 158 besprochene Schilddrüse, deren wirksame Substanz im Extrakt tierischer Schilddrüsen als Heilmittel bei Erkrankungen der Schilddrüse benutzt wird. Auch die Nebennieren, die wie eine Mütze den Nieren aufsitzen, sind Drüsen mit innerer Sekretion. Ihre Entartung hat den Tod unter allmählichem Verfall der Kräfte und bronzeartiger Verfärbung der Haut zur Folge. Die Absonderung der Nebennieren wirkt stark reizend und zusammenziehend auf die glatten Muskeln der Blutgefäße Die Geschlechtsdrüsen und die Bauchspeicheldrüse haben sowohl die Eigenschaften der wahren Drüsen als der Drüsen mit innerer Sekretion. Man nimmt an, daß sie neben dem eigentlichen Drüsengewebe besonderes Gewebe für die innere Sekretion besitzen, was bei der Bauchspeicheldrüse so gut wie bewiesen ist. Die Entfernung oder Entartung der Geschlechtsdrüsen in jugendlichem Alter verhindert oder verändert die Ausbildung der körperlichen oder charakterlichen Geschlechtsunterschiede und befördert übermäßigen Fettansatz. Entfernung oder Entartung der Bauchspeicheldrüse verhindert oder verringert die Glykogenbildung durch die Leber und führt so zur Zuckerausscheidung durch den Urin, zur Zuckerkrankheit (s. S. 216).

B. Die Bedeutung des Blutes.

a) **Das Blut als Überbringer der Nährstoffe.** Die Baustoffe und Nährstoffe für den Körper, Eiweiß, Kohlehydrate, Fette, Salze, Wasser, sind, wie gezeigt wurde, in dem Blutplasma vorhanden und werden durch die Arbeit der Verdauungsorgane ergänzt. In allen Körperorganen tritt Blutflüssigkeit aus den feinen Wandungen der Kapillaren als Gewebsflüssigkeit aus, gibt ebenso wie das Kapillarblut selbst Nährstoffe ab und nimmt Abfallstoffe des Stoffwechsels auf. Die Gewebsflüssigkeit sammelt sich dann aus den Gewebsspalten als Lymphe in den Lymphkapillaren und weiter den Lymphgefäßen. Diese münden schließlich in Blutadern und führen so die Lymphe dem Blut wieder zu, das die Abfallsstoffe in den betreffenden Ausscheidungsorganen abgibt.

b) **Das Blut als Vermittler des Gasaustausches zwischen Luft und Geweben.** Der Sauerstoff gelangt in den Lungen durch Diffusion in das Blutplasma, das ihn sofort an die roten Blutkörperchen weitergibt, wo er sich mit dem Hämoglobin zu Oxyhämoglobin verbindet. Dadurch kann das Blut eine größere Menge Sauerstoff aufnehmen. Das Blutplasma ist nämlich schon durch knapp 4 % Sauerstoff völlig gesättigt,

während sogar das Blut in den Venen unter Hinzuziehung des Oxyhämoglobins noch 12 % Sauerstoff enthält, die es bei jedem Durchgang durch die Lunge auf 21 % ergänzt. Das mit Sauerstoff bereicherte Blut wird arterielles Blut, das sauerstoffarme venöses Blut genannt. Das Blutplasma des arteriellen Blutes gibt seinen Sauerstoff nach den Gesetzen der Diffusion der Gase an die Gewebe ab, wobei es ihn fortschreitend aus dem Oxyhämoglobin ergänzt. Es erhält umgekehrt Kohlensäure durch Diffusion aus den Geweben.

Die Kohlensäure im arteriellen Blut beträgt 37 Volumprozent, im venösen 45 Volumprozent. Man nahm früher an, daß die Kohlensäure zum größten Teile im Blutplasma sei. Jedoch genügt schon bedeutend weniger Kohlensäure, um die Sättigungsgrenze des Blutplasmas für die Absorption der Kohlensäure zu erreichen. Auch der Kochsalzgehalt des Blutes ist zu gering, um genügende Mengen Kohlensäure chemisch zu binden. Man nimmt daher an, daß die roten Blutkörperchen auch für die Aufnahme der Kohlensäure eine wesentliche Rolle spielen, ohne diese genauer zu kennen.

c) **Die Bleichsucht oder Blutarmut.** Die Bleichsucht ist keine Veränderung der Menge, sondern der Zusammensetzung des Blutes; die Zahl der roten Blutkörperchen und im besonderen ihr Gehalt an Hämoglobin ist verringert. Die Gewebe erhalten demnach bei bleichsüchtigen Personen mit der gleichen Menge Blut weniger Sauerstoff als beim gesunden Menschen. Das Herz muß bei Bleichsüchtigen also größere Blutmengen als beim gesunden Menschen durch den Körper treiben, schlägt daher schneller und gelangt früher an die Grenze seiner Leistungsfähigkeit, worauf bei Leibesübungen zu achten ist. Bleichsüchtige haben einen beschleunigten Puls, ermüden bald und frieren leicht, da die Wärmebildung durch Mangel an Sauerstoff eingeschränkt ist.

d) **Aufnahme anderer Gase in das Blut.** Das Blut enthält dauernd 1 % Stickstoff. Diese Menge entspricht der Absorptionsfähigkeit des Blutes für Stickstoff. Daher kann bei Atmosphärendruck nie mehr Stickstoff aus der Luft aufgenommen werden, soviel auch in der Alveolarluft (79 Volumprozent) vorhanden ist. Der Stickstoff im Blut ist im allgemeinen ohne Bedeutung für das Leben des Menschen. Die Gefahr der Aufnahme großer Stickstoffmengen für den Berufstaucher kann hier nicht besprochen werden.

Im Gegensatz dazu ist Kohlenoxydgas sehr schädlich. Es entsteht in größerer Menge bei schwelendem Feuer und ist im Leuchtgas vorhanden. Es gelangt nach den gleichen Gesetzen wie Sauerstoff in das Blut, bildet dort aber mit dem Hämoglobin eine festere Verbindung, so daß das Blut schließlich keinen Sauerstoff mehr aufnehmen kann und der Erstickungstod eintritt.

2. Die Lymphe.

Die Lymphe ist eine klare Flüssigkeit und besteht aus dem Lymphplasma und den Lymphkörperchen. Das Lymphplasma ist Blutplasma von weniger Eiweißgehalt und reichlicherem Gehalt an Abfallstoffen des Stoffwechsels. Die Lymphkörperchen sind weiße Blutkörperchen.

Die Lymphgefäße des Darmes nehmen bei der Verdauung sehr viel Fett auf, so daß diese Lymphe milchig aussieht und den besonderen Namen Chylus führt.

Zweiter Abschnitt.

Abriß des Blutkreislaufes.

Das Blut wird vom Herzen durch ein Röhrensystem in alle Körperteile getrieben. (Abb. 126.) Der Anfangsteil des Röhrensystems, die Aorta, teilt sich in mehrere Arterien oder Schlagadern, die sich immer mehr verzweigen, wobei jeder einzelne Zweig enger als die Mutterröhre ist, der Gesamtdurchschnitt der Zweige aber immer größer wird. Die feinsten Verzweigungen nennt man Kapillaren. Sie gehen in größere und immer größere Röhren, die Blutadern oder Venen über, um sich schließlich in den beiden großen Hohlvenen zu vereinigen, die in das Herz einmünden. Hierbei ist jede Vereinigung zweier Venen weiter als ihre einzelnen Zweige, aber enger als beide zusammengenommen, so daß der Gesamtdurchschnitt nach dem Herzen zu wieder abnimmt.

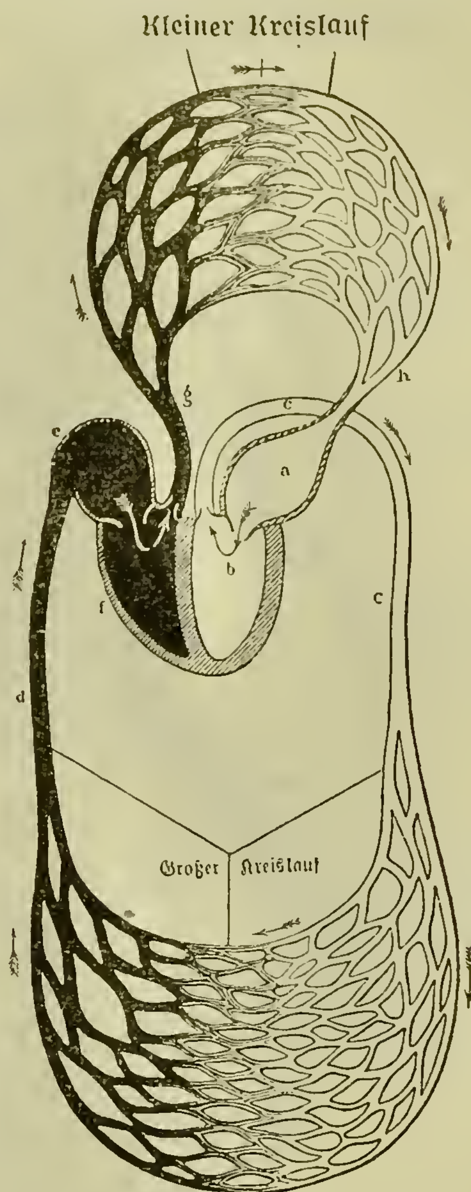


Abb. 126. Der große und der kleine Kreislauf. a = linker Vorhof, b = linke Kammer, c = Aorta, d = Körpervene, e = rechter Vorhof, f = rechte Kammer, g = Lungenschlagader, h = Lungenvene. (Nach Rosin.)

Sämtliche Körperteile sind an dieses Röhrensystem, den großen Kreislauf oder Körperkreislauf, angeschlossen und empfangen aus den Arterien die nötigen Brennstoffe und Baustoffe und geben ihre Abfallstoffe unmittelbar oder mittelbar durch die Lymphgefäße an die Venen ab. Die Organe zur Aufnahme der Nährstoffe und zur Ausscheidung der Abfallstoffe sind mit Ausnahme der Lungen mit dem großen Kreislauf verbunden. Das Organ zur Aufnahme des Sauerstoffes und zur Abgabe der Kohlensäure ist bei den niederen Tieren (die Kiemen der Fische) ebenfalls in den einen Kreislauf eingefügt. Dagegen kehrt das Blut bei den höheren Tieren und im besonderen beim Menschen aus dem großen Kreislauf in das Herz zurück, ohne sich der Kohlensäure entledigt oder neuen Sauerstoff aufgenommen zu haben. Es muß daher vor Beginn des neuen Körperkreislaufes vermittels des kleinen Kreislaufes durch die Lungen getrieben werden.

Der kleine Kreislauf oder Lungenkreislauf führt das Blut durch die Lungenarterien und ihre Verzweigungen bis in die Lungenkapillaren, wo der Gasaustausch stattfindet, und durch die Lungenvenen wieder zum Herzen zurück.

Das Herz ist zur Durchführung dieses Doppelkreislaufes in zwei Hälften, das linke Herz und das rechte Herz geteilt. Das linke Herz treibt das Blut in den großen Kreislauf, das rechte in den kleinen Kreislauf. Daher muß die Aorta aus dem linken Herzen, die Lungenarterie aus dem rechten Herzen entspringen, dagegen müssen umgekehrt die beiden großen Körpervenen (Hohlvenen) in das rechte Herz, die Lungenvenen in das linke Herz münden. Das linke Herz kann weiter nur arterielles Blut, das rechte Herz nur venöses Blut führen.

Dritter Abschnitt.

Das Herz.

A. Gestalt und Lage des Herzens.

Das Herz (cor) liegt zum größten Teil in der linken Körperhälfte und zwar innerhalb des Herzbeutels im vorderen unteren Abschnitt des Mittelfellraumes, der dort etwas nach links verbreitert ist (s. S. 150).

Das Herz hat etwa die Gestalt eines im Pfeildurchmesser von vorn nach hinten abgeplatteten, schiefen Kegels, dessen Basis oben hinten, und zwar in einer schrägen, von vorn oben nach hinten unten verlaufenden Ebene liegt und die Form einer Ellipse hat. Die Achse des Kegels steht nicht senkrecht auf der Basis, sondern verläuft mehr in senkrechter Richtung abwärts, so daß die Spitze fast genau nach unten links zeigt. Bei dieser Stellung des Herzens muß die hintere platte Fläche dem Zwerchfell, die vordere Fläche der vorderen Brustwand anliegen. Das Herz kann daher an der vorderen Brustwand durch Behorchen, Beklopfen, Befühlen und Besehen auf seine Größe und Tätigkeit untersucht werden. (Abb. 127, 128, 129.)

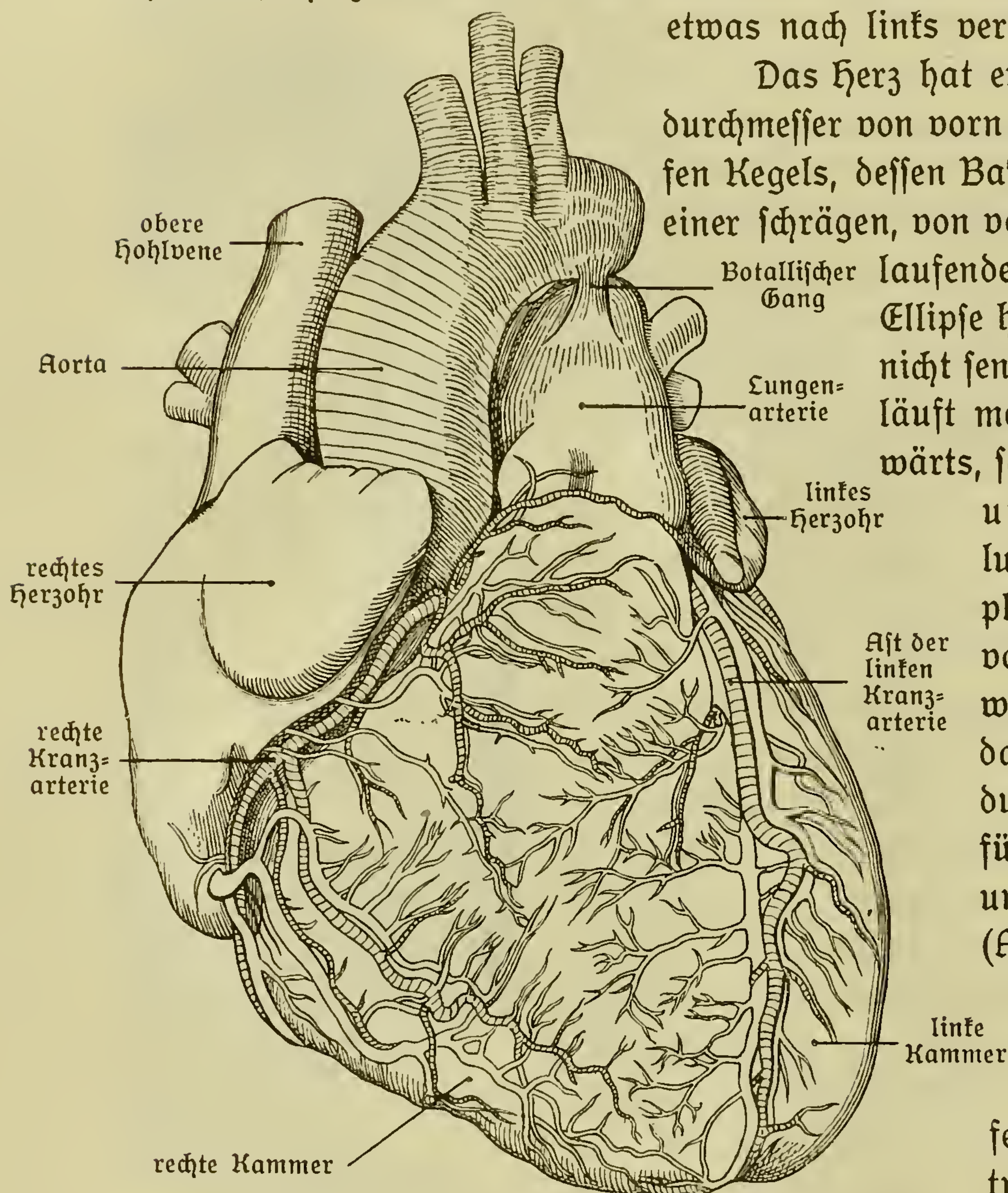


Abb. 127. Das Herz von vorn, mit den eigenen Ernährungsgefäßen und den Anfangsstücken der großen Arterien: Aorta und Lungenarterie, sowie der oberen Hohlvene. $^3/_5$ nat. Größe. (Bardeleben.)

Das Herz wiegt 250 bis 450 g und hat ungefähr die Größe der Faust des betreffenden Menschen. Seine Höhe beträgt beim Erwachsenen 13—15 cm, seine Breite 9—10 und seine Dicke 5—7 cm. Das Herz wird, wie schon erwähnt, in das linke Herz und das rechte Herz eingeteilt, die durch eine Scheidewand vollständig voneinander getrennt sind. Jede Herzhälfte zerfällt wieder in den Vorhof und die Kammer, so daß das Herz einen linken und rechten Vorhof und eine linke und rechte Kammer besitzt. Vorhof und Kammer sind nicht durch eine Wand, sondern durch Klappen, die abwechselnd geöffnet und geschlossen werden können, voneinander getrennt. Die Klappen nehmen die ganze Berührungsfläche von Vorhof und Kammer ein und sind an einem bindegewebigen Ring befestigt, der die Ränder der Berührungsfläche bildet. Die Vorhöfe liegen an der Basis, die Kammern an der Spitze des Herzens. Daher haben die Vorhöfe annähernd Würfelform, die Kammern die Form unregelmäßiger Kegel. Die

Vorhöfe senden seitlich je einen schmalen Fortsatz nach vorn, die beiden Herzohren. Die Kammern, namentlich die linke, haben dicke Wände, die Vorhöfe wesentlich dünnere. Die Kammern müssen daher, da jeder der vier Herzabschnitte das gleiche Fassungsvermögen (80—100 ccm) hat, den Hauptteil des Herzens bilden, auf den die Vorhöfe als Anhängsel aufgesetzt sind. Dieser Eindruck wird besonders beim Anblick des Herzens von vorn (Abb. 127) hervorgerufen, da die Lungenarterie und die Aorta am Übergang von der Basis zur Vorderfläche des Herzens aus den Kammern hervortreten und nur seitlich Platz für die Herzohren der Vorkammern lassen. Die linke Kammer nimmt natürlich infolge ihrer wesentlich dickeren Wände einen größeren Platz als die rechte Kammer ein, wie auf Abb. 129 zu sehen ist. Das Herz ist um seine Längsachse nach links hinten gedreht, so daß die linke Kammer als der eigentliche Kegel erscheint, dem die rechte Kammer vorn rechts wie ein Erker angefügt ist. Der Ursprung der Lungenschlagader, die aus der rechten Kammer kommt, liegt daher vor dem Ursprung der Aorta, die aus der linken Kammer tritt. Die obere und untere Hohlvene münden rechts hinten von der Aorta in den rechten Vorhof, der gewissermaßen nur als eine Erweiterung am Treffpunkt dieser beiden Gefäße erscheint. Die vier Lungenvenen treten von beiden Seiten in den linken Vorhof.

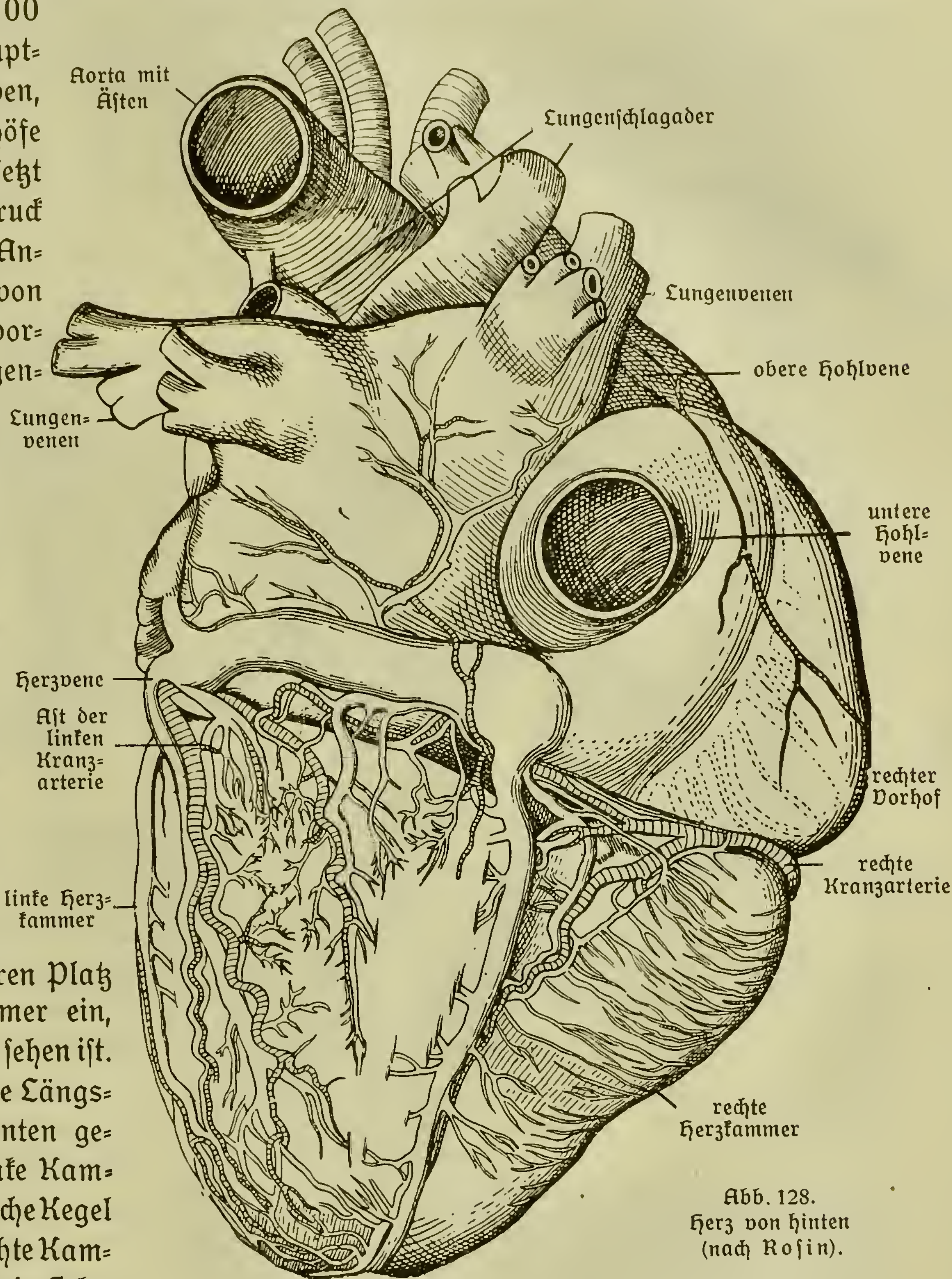


Abb. 128. Herz von hinten (nach Rosin).

Man sieht an der Außenwand des Herzens mehrere Furchen, eine hintere und eine vordere Längsfurche, die der Scheidewand zwischen linkem und rechtem Herzen

entsprechen, und eine Querfurche, die senkrecht zu den Längsfurchen an der Grenze der Vorhöfe und Kammern um das Herz herum verläuft. In den Furchen liegen die beiden Herzarterien, die aus der Aorta (unmittelbar nach ihrem Austritt aus dem Herzen) entspringen, und die Herzvene, die wie die beiden Hohlvenen unmittelbar in den rechten Vorhof mündet.

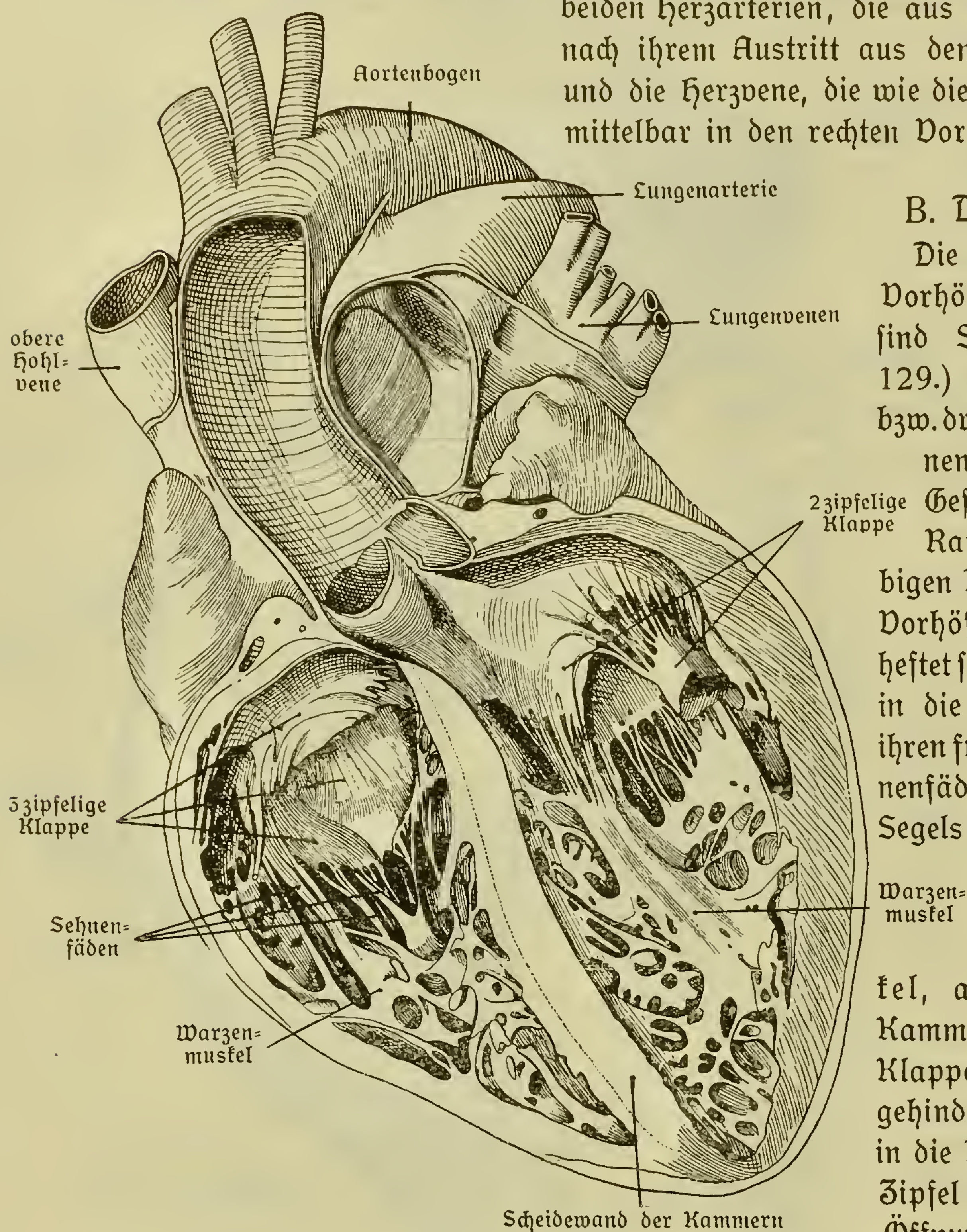


Abb. 129. Das Herz, der Länge nach aufgeschnitten, von vorn. Die rechte und die linke Kammer, sowie der Anfang der Aorta sind eröffnet. Die Klappen zwischen den Kammern und Vorhöfen und die Scheidewand zwischen den Kammern sind sichtbar. 3/5 nat. Größe. (Bardeleben.)

B. Die Herzklappen.

Die Klappen zwischen den Vorhöfen und den Kammern sind Segelklappen. (Abb. 129.) Sie bestehen aus zwei bzw. drei bindegewebigen, dünnen Häuten von passender Gestalt, die je mit einem Rande an dem bindegewebigen Ring an der Grenze der Vorhöfe und Kammern angeheftet sind. Ihre Zipfel hängen in die Kammern hinein. An ihren freien Rändern sind Sehnenfäden wie Haltetaue eines Segels befestigt, die durch einen kleinen kegelförmigen Muskel, den Warzenmuskel, an der Innenwand der Kammern befestigt sind. Die Klappen lassen das Blut ungehindert aus den Vorhöfen in die Kammern fließen. Ihre Zipfel werden jedoch in die Öffnung zwischen Kammer und Vorhof hineingetrieben, sobald die Kammer das Blut in die Schlagader hineinzupressen beginnt. Die Warzenmuskeln sorgen dabei vermittels des Sehnenfadens dafür, daß die Zipfel nicht in den Vorhofraum hineingedrängt werden, sondern die Öffnung verschließen. Die Vorhof-Kammerklappe des linken Herzens hat zwei Zipfel mit zugehörigen Sehnenfäden und Warzenmuskeln, die des rechten Herzens deren drei. Die Klappen heißen daher die zweizipfelige und die dreizipfelige Klappe. (Abb. 130.) Zwei weitere Klappen liegen am Übergang der Kammern in die Aorta bzw. Lungenarterie, um den Rückfluß des Blutes aus den Arterien in die Kammern nach Aufhören

des Kammerdruckes zu verhindern. (Abb. 129, 130, 131.) Die Klappen heißen die Aortenklappe und die Pulmonalklappe (von pulmo = die Lunge) und werden als Taschenklappen bezeichnet. Sie bestehen aus drei halbkreisförmigen Häuten, deren gebogener Rand an der Innenwand der Arterien mit der Konvexität nach dem Herzen zu befestigt ist, deren gerader Rand frei in das Arterienrohr ragt. Die Häute sitzen also an der Arterienwand wie drei Taschen, deren Öffnung vom Herzen weg zeigt. Das von der Kammer in die Arterie geworfene Blut drückt daher die drei Taschen platt an die Arterienwand. Das nach Aufhören des Kammerdruckes zurückstauende Blut verfängt sich in den Taschen und klappt sie nach dem Herzen zu in die Lichtung der Arterie zu völligem Verschluß hinein, wobei ihre straffe und lang ausgedehnte Befestigung an der Arterienwand ein zu weites Hineindrängen verhindert. Das Schließen der Klappen bringt Töne hervor, die man als ersten Ton (Schließen der Segelklappen) und als zweiten Ton (Schließen der Taschenklappen) unterscheidet. Der erste Ton entsteht nicht nur durch Schließen der Klappen, sondern auch durch die Muskelzusammenziehung. Man kann die Herztöne durch Auflegen des Ohres auf die Brustwand hören. Der Arzt stellt dadurch die richtige Tätigkeit der Herzklappen fest.

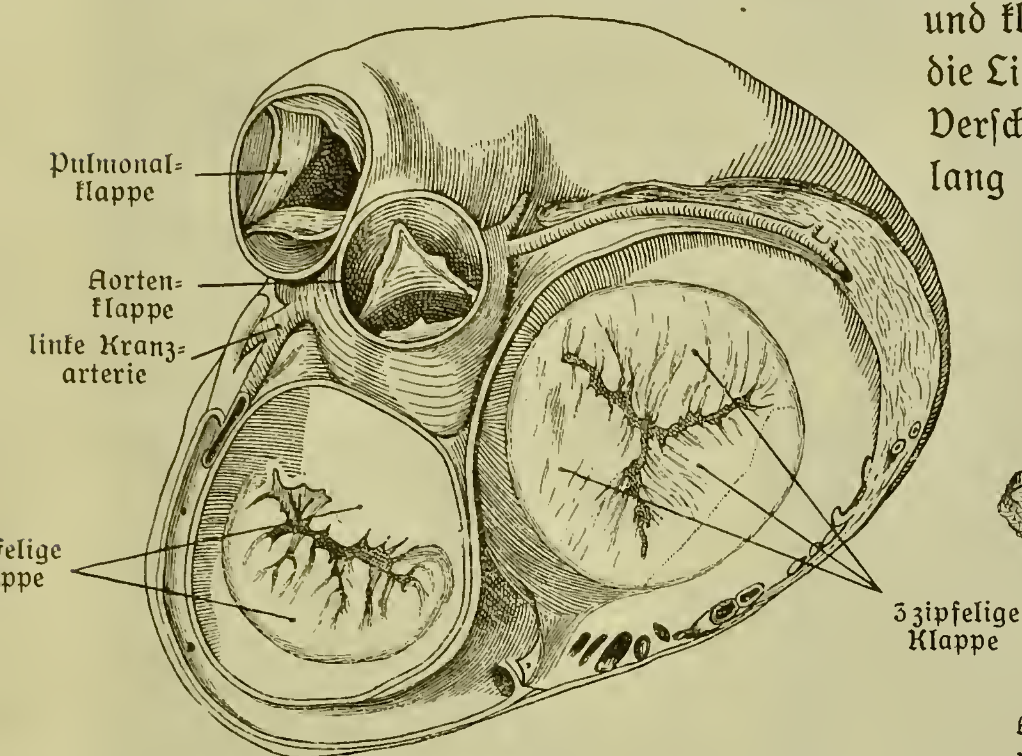


Abb. 130. Das Herz nach Entfernung der beiden Vorkammern von oben gesehen. Die Taschenklappen der Aorta und Lungenarterie, die 3 zipfelige und 2 zipfelige Klappe zwischen Kammer und Vorkammer, diese beiden im geschlossenen Zustande. Kranzarterien. $^3/_5$ nat. Größe. (Bardeleben.)

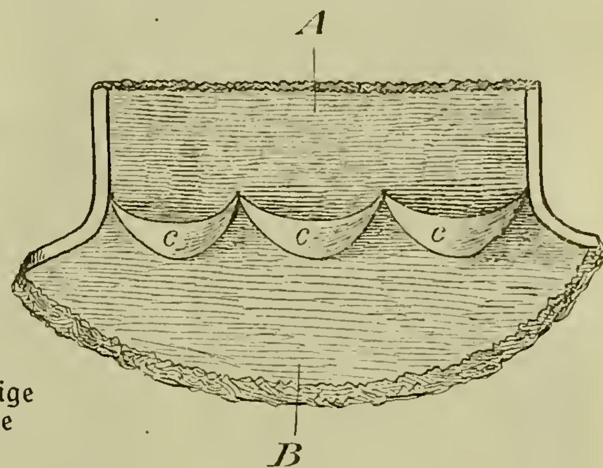


Abb. 131. Taschenventil zwischen Herzkammer und Hauptschlagader. Das Anfangsstück der großen Körperschlagader mit dem anstoßenden Stücke der Herzwand ist aufgeschnitten und auseinander geklappt, *A* große Körperschlagader, *B* Herzwand, *ccc* die drei Klappen des Taschenventils (nach Sachs).

Herzklappenfehler bestehen in mangelhafter Schlußfähigkeit der Klappen oder in Verengung der Öffnungen. Der Herzmuskel muß bei der gleichen Leistung erheblich mehr arbeiten, wenn der Klappenapparat irgendwie versagt. Denn entweder wird bereits gefördertes Blut wieder zurückfließen (Schlußunfähigkeit der Klappe), oder das Blut muß durch eine engere Öffnung mit größerer Kraft getrieben werden. Das Herz kann diesen Nachteil durch Vermehrung seiner Muskelmasse teilweise ausgleichen, muß aber früher an die Grenze seiner Leistungsfähigkeit kommen als ein gesundes Herz.

C. Die Herzwand.

Die Herzwand hat drei Schichten, nämlich die Innenhaut, die Muskelschicht und die Außenhaut, die aber nur aus dem inneren Blatt des Herzbeutels besteht und

durch ihre glatte Außenfläche eine Reibung bei den Bewegungen des Herzens verhindert. Die Innenhaut ist eine bindegewebige Haut, die an ihrer Oberfläche einfaches Pflasterepithel trägt. Die Segelklappen sind Falten der Innenhaut und können durch Entzündungen schrumpfen oder wuchern, wodurch die Herzklappenfehler entstehen. Die Muskelschicht besteht aus den Seite 10 beschriebenen, besonderen quergestreiften Muskelfasern des Herzens. Die Vorhöfe haben eine dünnere Muskelschicht, da sie das Blut nur durch die Klappenöffnungen in die Kammern zu treiben haben, die Kammern eine wesentlich dickere, da der Kreislauf mehr Kraft erfordert. Die Muskelschicht der linken Kammer ist wieder dreimal so dick wie die der rechten Kammer. (Abb. 129.) Die Muskulatur der Vorhöfe und Kammern ist fast völlig voneinander getrennt, nur hinten an der Scheidewand des linken und rechten Herzens führt ein Bündel von den Vorhöfen in die Kammerwand hinein und vermittelt den Übergang der Zusammenziehung der Vorhöfe in die Zusammenziehung der Kammern. Die Kammern haben viele gemeinsame Muskelbündel, zu denen noch besondere Bündel für die linke Kammer hinzukommen. Die Muskelfasern verlaufen in mehreren Schichten in den verschiedensten Richtungen.

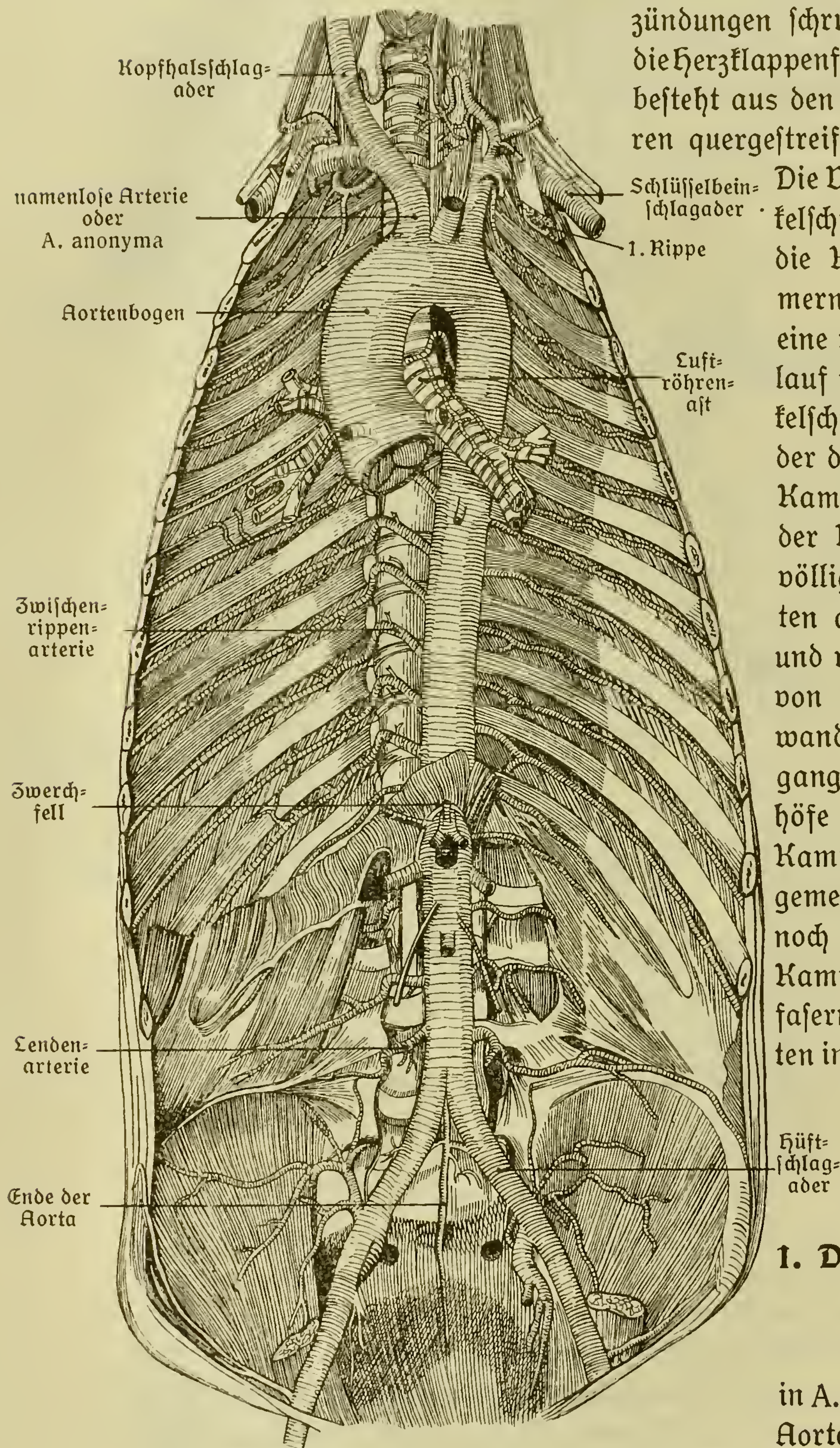


Abb. 132. Die große Körperschlagader (Aorta) mit den Wandästen in der Brust und in dem Bauche: Zwischenrippenarterien, Lendenarterien; die mittlere Kreuzbeinarterie als Fortsetzung des Stammes. Die Eingeweideäste der Aorta sind an den Ursprungsstellen kurz abgeschnitten. ¼ nat. Größe. (Bardeleben)

Vierter Abschnitt.

Die Blut- und Lymphgefäße.

1. Die Arterien oder Schlagadern.

Die Arterien werden eingeteilt in A. die große Körperschlagader oder Aorta mit ihren Ästen und B. die Lungenarterie.

Anmerkung: A. bedeutet bei den lateinischen Namen Arteria.

A. Die Aorta und ihre Verzweigungen.

Die Aorta entspringt an der Seite 177 beschriebenen Stelle und hat etwa die Dicke eines Daumens, wird aber bald dünner, da sie dauernd Äste abgibt. (Abb. 132.) Sie steigt zunächst als aufsteigende Aorta etwa 4 cm etwas schräg nach rechts in die Höhe und wendet sich dann in dem nach oben konvexen Aortenbogen nach links hinten und weiter nach unten, um als absteigende Aorta auf der linken Seite der Wirbelsäule nach abwärts zu verlaufen (s. auch Lage der Brusteingeweide S. 150). Sie liegt nach Durchtritt durch das Zwerchfell als Bauchaorta in der Bauchhöhle links vor der Wirbelsäule und teilt sich weiter abwärts in der Höhe des 4. Lendenwirbels in ihre drei Endäste. Diese sind

a) die unpaarige mittlere Kreuzbeinarterie,

b) die paarigen gemeinsamen Hüftarterien, die in einem Winkel von etwa 80° lateralwärts auseinanderstreben.

Außerdem gehen zahlreiche Äste von der Aorta ab:

c) die Äste der aufsteigenden Aorta,

d) die Äste des Aortenbogens,

e) die Äste der absteigenden Aorta und Bauchaorta.

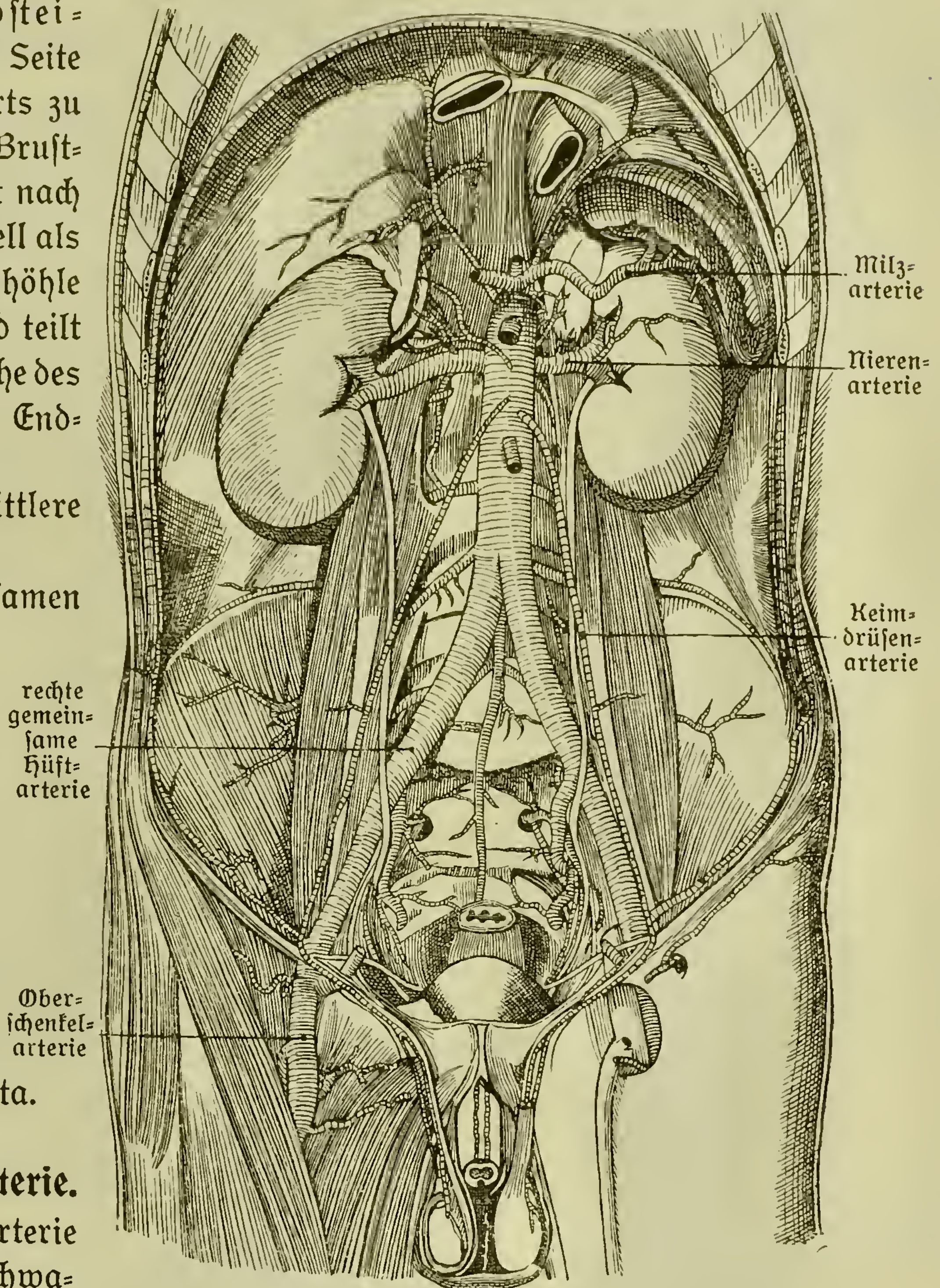


Abb. 133. Die paarigen Eingeweideäste der Bauchaorta zur Niere und den Geschlechtsorganen, oben über der linken Niere die unpaare Milzschlagader. 1/4 nat. Größe. (Bardeleben.)

a) **Die mittlere Kreuzbeinarterie.**

Die mittlere Kreuzbeinarterie (A sacralis media), ein nur schwaches Blutgefäß, bildet die eigentliche Fortsetzung der Aorta und ist bei Tieren als Schwanzarterie wesentlich stärker. (Abb. 132 u. 133.)

b) **Die beiden gemeinsamen Hüftarterien.**

Jede der beiden gemeinsamen Hüftarterien (A. iliaca communis) verläuft am medialen Rande des Lendenmuskels schräg nach unten lateral bis zum Zusammenstoß von Kreuzbeinbasis und innerer Bogenlinie des Darmbeines, wo sie sich in α) die innere Hüftarterie oder Beckenarterie und β) die äußere Hüftarterie teilt. (Abb. 132, 133.)

α) Die innere Hüftarterie oder Beckenarterie (A. iliaca interna oder hypogastrica) geht senkrecht in das kleine Becken und versorgt die dortigen Organe. Einige Äste treten hinten aus dem kleinen Becken heraus und versorgen die Gesäßgegend.

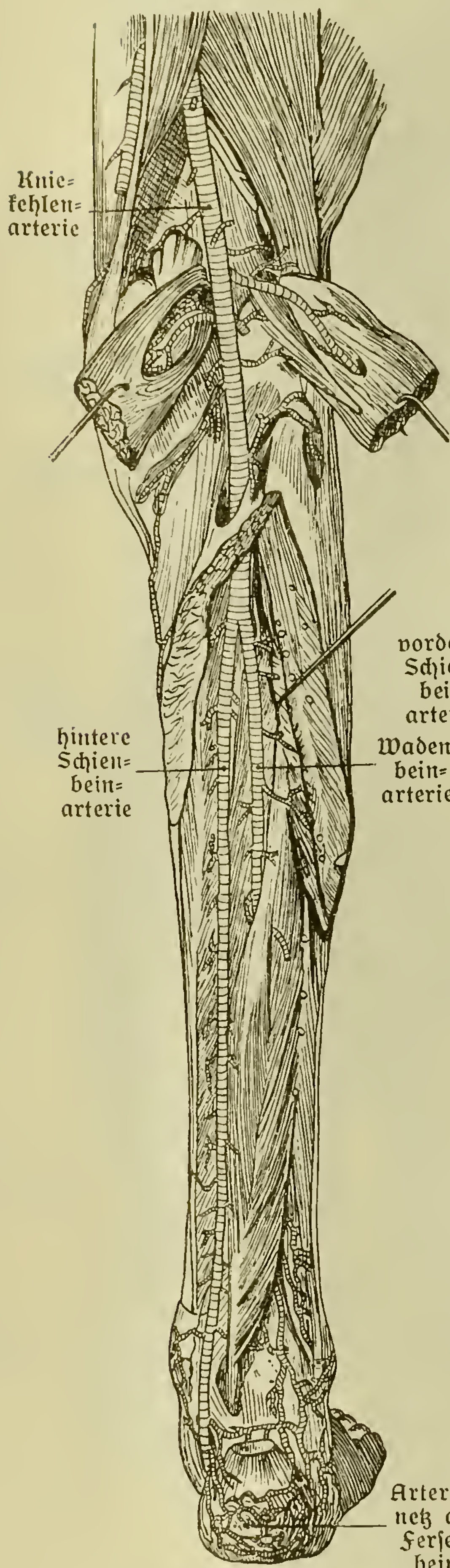


Abb. 134. Die Kniekehlenschlagader mit ihrer Fortsetzung in die hintere Schienbeinschlagader u. die Wadenbeinschlagader. Die oberflächlichen Muskeln des Unterschenkels sind entfernt. 1/4 nat. Größe. (Bardeleben.)

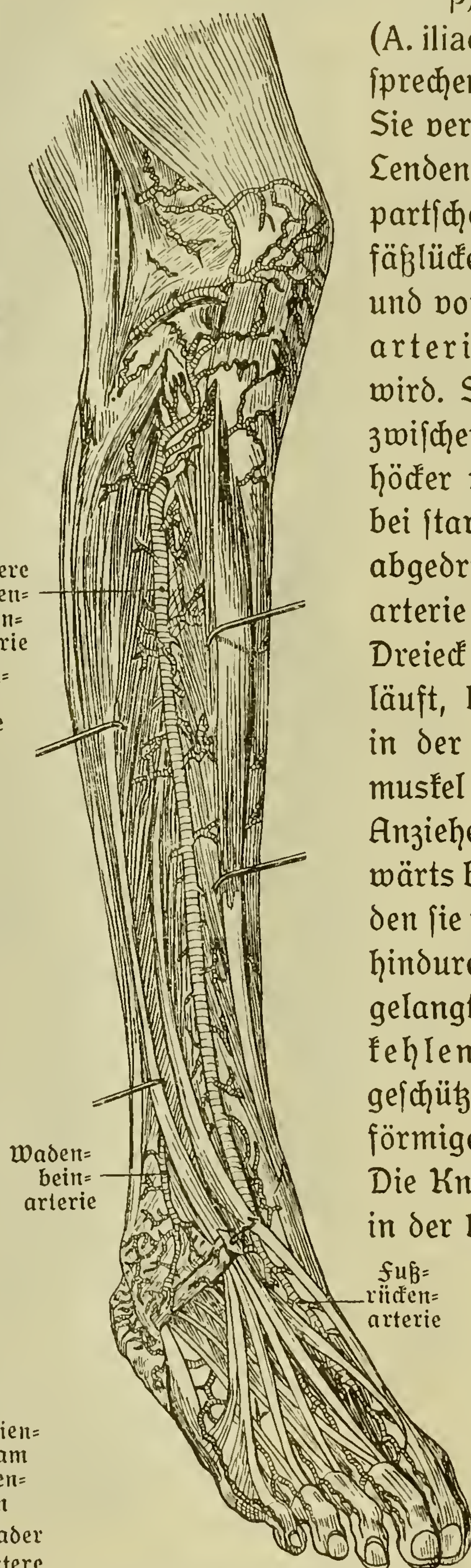


Abb. 135. Die vordere Schienbeinschlagader mit ihrer Fortsetzung auf dem Fußrücken. 1/4 nat. Größe. (Bardeleben.)

β) Die äußere Hüftarterie (A. iliaca externa) versorgt das entsprechende Bein. (Abb. 133, 134, 135.) Sie verläuft am medialen Rande des Lendenmuskels weiter bis zum Poupartschen Bande, wo sie durch die Gefäßlücke aus dem Becken heraustritt und von nun an als Oberschenkelarterie (A. femoralis) bezeichnet wird. Sie liegt hier etwa in der Mitte zwischen vorderem oberen Darmbeinhöcker und Schoßfuge und kann dort bei starker Arterienblutung am Bein abgedrückt werden. Die Oberschenkelarterie dringt dann im Scarpaschen Dreieck (s. S. 112) in die Tiefe und verläuft, bedeckt vom Schneidermuskel, in der Spalte zwischen dem Streckmuskel des Unterschenkels und den Anziehern des Oberschenkels nach abwärts bis zum Adduktorenschlitz, durch den sie nach der Hinterseite des Beines hindurchtritt und in die Kniekehle gelangt. Sie wird dort als Kniekehlenarterie bezeichnet und liegt geschützt auf dem Boden der rautenförmigen Kniekehle (s. S. 112 u. 117). Die Kniekehlenarterie teilt sich etwa in der Höhe des Wadenbeinköpfchens in die vordere Schienbeinarterie und die hintere Schienbeinarterie. Die vordere Schienbeinarterie verläuft auf der Vorderseite des Zwischenknochenbandes bis zum Fußrücken, wo sie zwischen 1. und 2. Mittelfußknochen nach der Fußsohle hindurchtritt. Die hin-

tere Schienbeinarterie verläuft auf der Rückseite des Zwischenknochenbandes nach abwärts, gibt dabei die Wadenbeinarterie ab und tritt an der medialen Fläche des Fersenbeines in die Fußsohle. Die Ausläufer beider Schienbeinarterien vereinigen sich in der Fußsohle zu dem Fußsohlenbogen, von dem Äste für die Zehen entspringen. Der Fußsohlenbogen verursacht bei Verletzungen einer der beiden Schienbeinarterien eine Blutung aus dem oberen und unteren Ende. Man muß daher entweder beide Enden oder die Oberschenkelarterie vor ihrer Teilung unterbinden.

c) **Die Äste der aufsteigenden Aorta.**

Die beiden Kranzarterien des Herzens (A. coronaria cordis dextra und sinistra) entspringen aus der Aorta unmittelbar nach ihrem Austritt aus dem Herzen. Sie laufen in der Querfurche des Herzens, die eine rechts, die andere links herum, um dann in den beiden Längsfurchen bis zur Herzspitze zu ziehen. Sie versorgen den Herzmuskel mit Blut. Eine Verstopfung der Kranzarterien muß Herzstillstand und den sofortigen Tod herbeiführen. (Abb. 127 u. 128.)

d) **Die Äste des Aortenbogens.**

Es sind

α) die Bronchialarterien,
β) die namenlose Arterie,
γ) die linke gemeinsame Halsschlagader,
δ) die linke Schlüsselbeinschlagader.

α) Die Bronchialarterien (A. bronchiales) treten mit den Bronchien in die Lunge ein und versorgen sie mit Blut zu ihrer eigenen Ernährung, womit der Lungenkreislauf nichts zu tun hat. (Abb. 132.)

β) Die namenlose Arterie (A. anonyma) entspringt vom Anfangsteil des Aortenbogens, also an der rechten Seite der Wirbelsäule. (Abb. 132.) Sie ist der gemeinsame Stamm der rechten gemeinsamen Halsarterie (zur Versorgung der rechten Seite von Kopf und Hals) und der rechten Schlüsselbeinarterie (zur Versorgung des rechten Armes). Sie ist etwa 5 cm lang und fingerdick und teilt sich in Höhe des rechten Brustbeinschlüsselbeingelenkes in die beiden genannten Arterien. Die linke gemeinsame Halsarterie und Schlüsselbeinarterie entspringen jede einzeln unmittelbar aus dem Aortenbogen, kurz vor seinem Übergang in die absteigende Aorta. Dr. Lüddekens-Liegnitz und andere haben aus der ungleichen Art der Abzweigung der linken und rechten Halsarterie und Schlüsselbeinarterie weitgehende Folgerungen für die ungleiche Versorgung der rechten und linken Gehirnhälfte mit Blut und weiter auf Rechtshändigkeit und Linkshändigkeit gezogen. (Abb 136.) Lüddekens schreibt wörtlich: „So wird die Blutsäule zunächst gegen die rechte Wand der aufsteigenden Aorta geworfen und aus der geraden Richtung herausgedrängt" (Abb. 136) und weiter: „Außerdem aber zweigt der Truncus der rechten

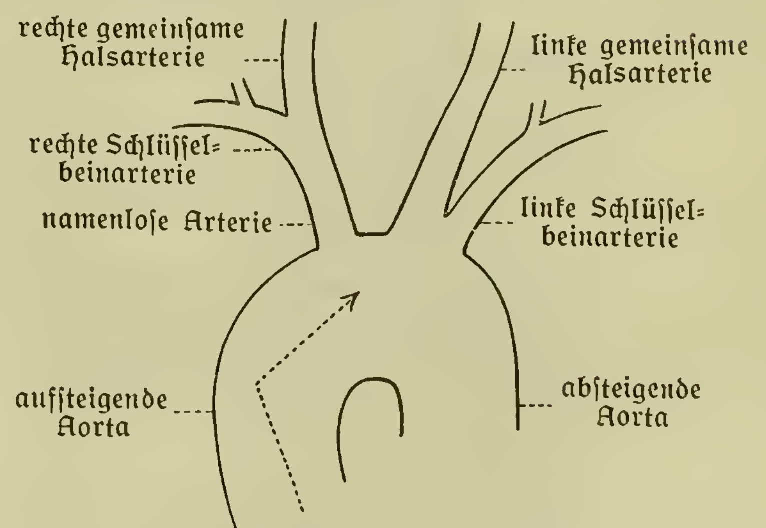


Abb. 136. Schema der Richtung des stärksten Blutdrucks im Aortenbogen (nach Lüddekens).

Seite (namenlose Arterie) mehr oder weniger rechtwinklig zu der Richtung des Blutstromes ab, während die linken Gefäße ziemlich genau dem Hauptstrom entsprechen." Man folgert daraus eine bessere Blutversorgung und damit bessere Ausbildung und Arbeit der linken Hirnhälfte, die ja bekanntlich der rechten Körperseite vorsteht, und weiter die größere Geschicklichkeit und Kraft der ganzen rechten Körperhälfte. Bei Linkshändern soll umgekehrt durch verschiedene Bildung der genannten Arterien auf der rechten und linken Seite die rechte Gehirnhälfte besser mit Blut versorgt werden. Eine Kritik der Ausführungen von Dr. Lüddekens würde zu weit führen, jedenfalls haben sie sehr viel für sich. Ebensowenig kann hier die Zweckmäßigkeit oder Unzweckmäßigkeit einer beiderseits gleichen Ausbildung in Leibesübungen, in Handfertigkeit oder jeder Hantierung erörtert werden, denn es handelt sich nicht nur um körperliche, sondern auch um psychische Verhältnisse, da auch unser Geistesleben, soweit es als geistig-körperlicher Parallelismus aufzufassen ist, sich vorzugsweise in der linken Gehirnhälfte abspielt. Die gemeinsame Halsarterie und Schlüsselbeinarterie sind nach der Teilung der namenlosen Arterie auf beiden Seiten zwar von verschiedener Stärke, aber sonst gleichartig.

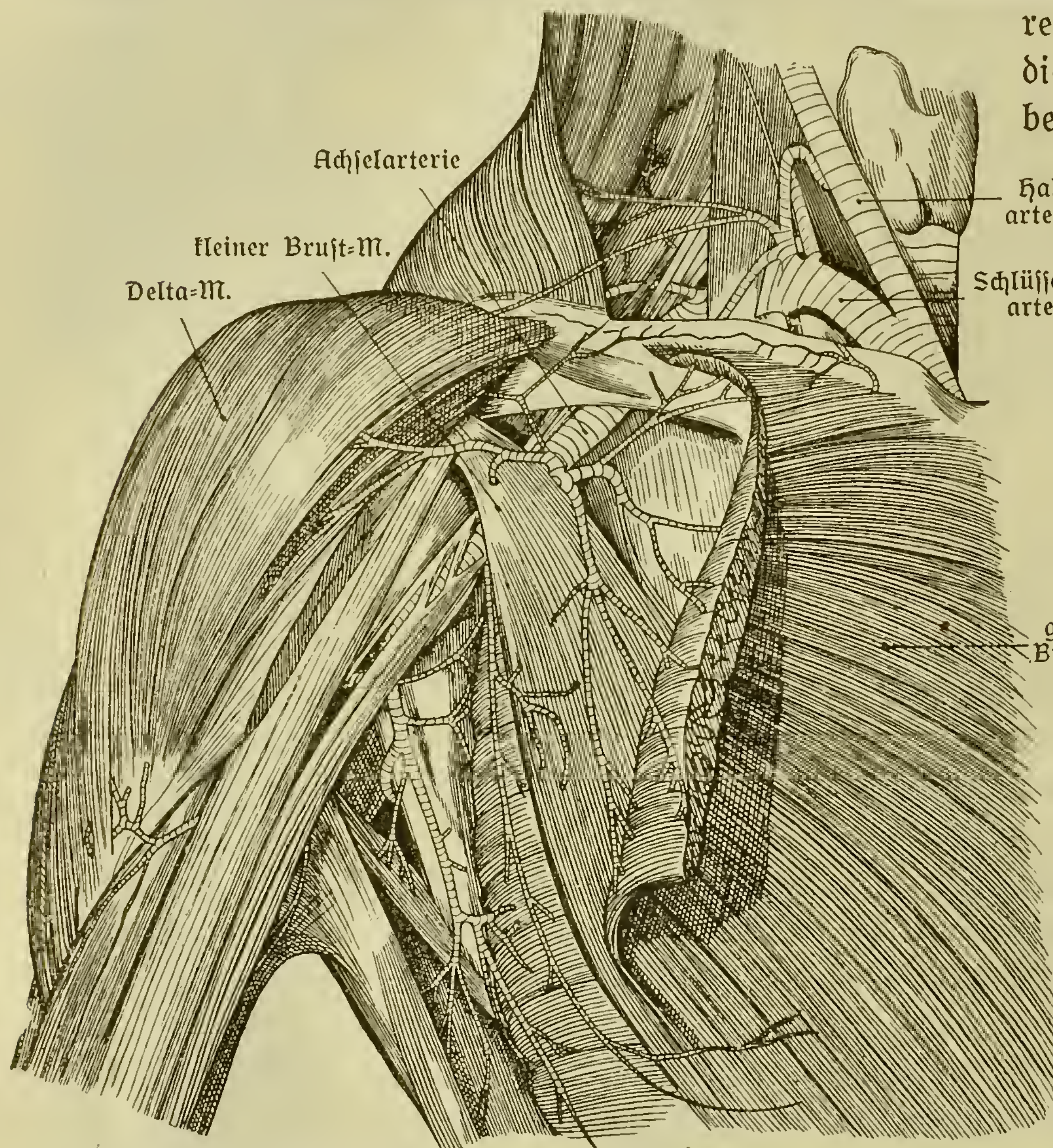


Abb. 137. Die Schlüsselbein- und die Achselschlagader mit ihren Ästen am Halse, an der vorderen Brustwand und in der Achselhöhle. $^1/_2$ nat. Größe. (Bardeleben.)

γ) Die gemeinsame Halsarterie (A. carotis communis) verläuft in der Tiefe zwischen Kehlkopf und Kopfhalter vor den Querfortsätzen der Halswirbel, gegen die man sie zwecks Blutstillung andrücken kann, nach aufwärts. (Abb. 132 u. 137.) Sie teilt sich in der Höhe des Zungenbeines spitzwinklig in die innere Halsarterie und die äußere Halsarterie. Die innere Halsarterie geht an der Außenfläche des Schnürmuskels des Schlundkopfes bis zur Schädelbasis, tritt durch eines der Löcher in die Schädelhöhle ein und versorgt die vorderen drei Viertel des Gehirns und seiner Häute, sowie das Auge. Die äußere Halsarterie zieht oberflächlicher nach oben und endet in

der bekannten Schläfenarterie, nachdem sie vorher die nach vorn verlaufende Kieferarterie abgegeben hat. Beide Äste versorgen Gesicht, Stirn und Seitenwand des Kopfes.

δ) Die Schlüsselbeinarterie (A. subclavia) liegt lateralwärts von der gemeinsamen Halsarterie. Sie biegt unmittelbar nach ihrem Austritt aus der oberen Brustkorböffnung lateralwärts ab und zieht zwischen Schlüsselbein und erster Rippe in der Lücke zwischen vorderem und mittlerem Rippenhalter hindurch, wo sie durch kräftiges Rückwärtsbewegen des Schlüsselbeines gegen die erste Rippe gedrückt werden kann. Sie gelangt dann in die Achselhöhle, wo sie als Achselarterie (A. axillaris) bezeichnet wird. (Abb. 132 und 137.)

Die Schlüsselbeinarterie gibt vor der Kreuzung mit der 1. Rippe mehrere Zweige zur Versorgung des Halses, besonders aber die Wirbelarterie (A. vertebralis) ab. (Abb. 137.) Die Wirbelarterie steigt durch die Querfortsatzlöcher der Halswirbel in die Höhe, dringt durch das Hinterhauptsloch in die Schädelhöhle und versorgt das hintere Viertel des Gehirns und seiner Häute.

Die Fortsetzung der Achselarterie wird als Oberarmarterie (A. brachialis) bezeichnet und zieht an der Innenseite des Oberarmes in der Rinne zwischen dem zweiköpfigen Unterarmbeu-

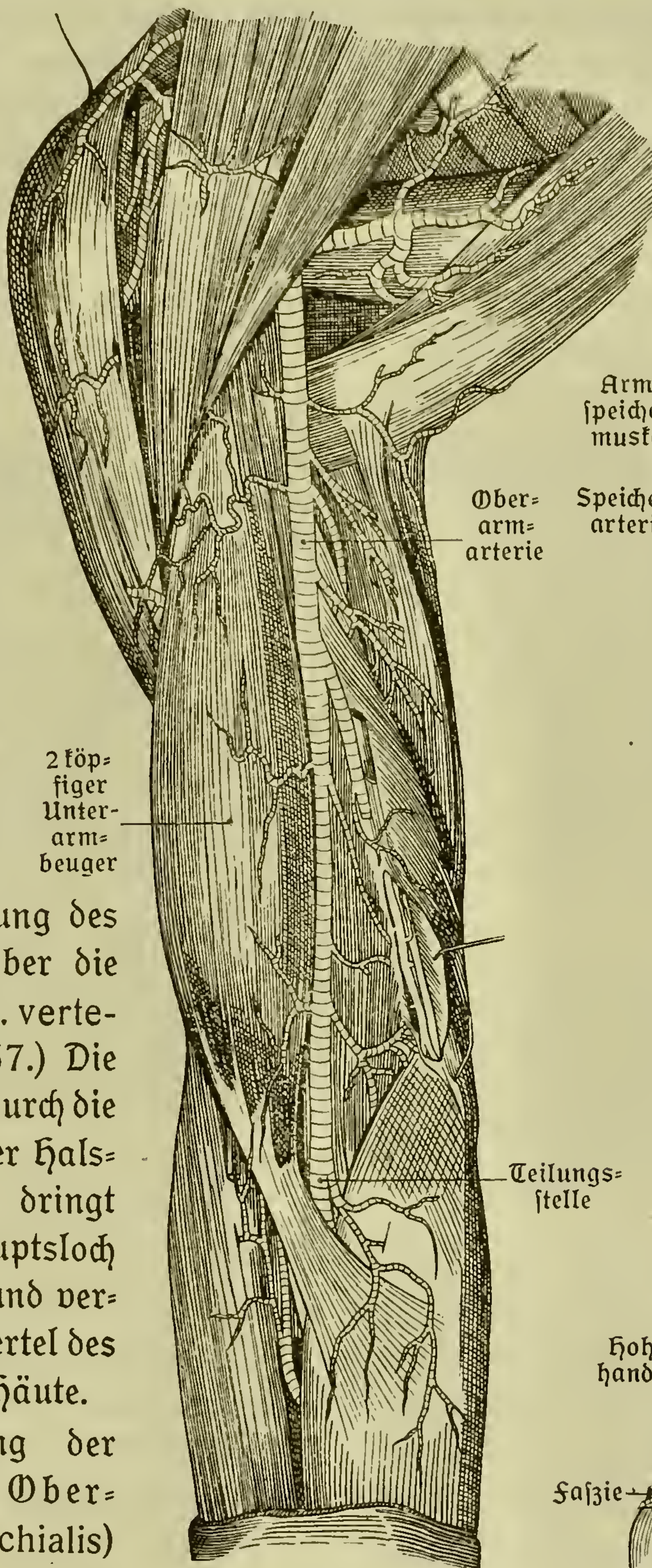


Abb. 138. Die Oberarmschlagader mit ihren Ästen am Oberarm. ⅓ nat. Größe. (Bardeleben)

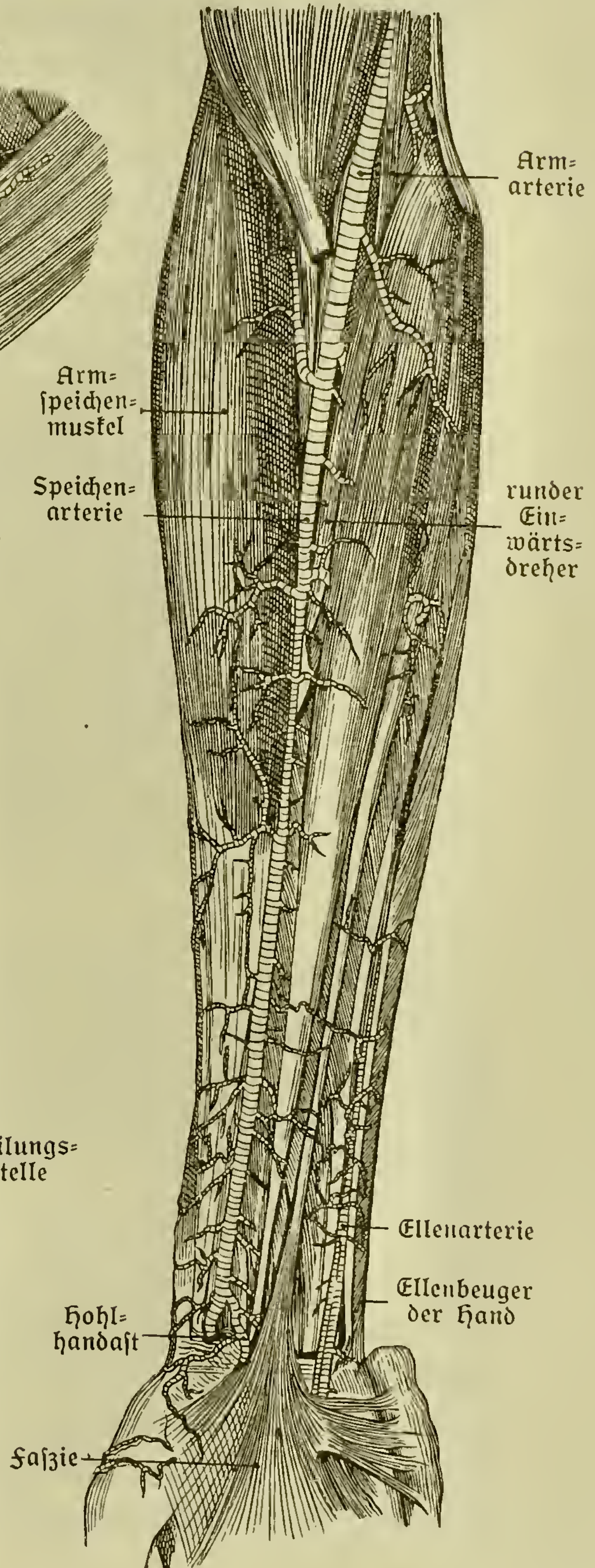


Abb. 139. Die Schlagadern an der Beugeseite des Unterarmes: Speichenschlagader, vollständig sichtbar, von der Ellenschlagader nur der untere Teil am Handgelenk. ⅓ nat. Größe. (Bardeleben.)

ger und dem dreiköpfigen Unterarmstrecker, wo man sie bei Blutungen abdrücken kann, nach abwärts in die Ellenbeuge und liegt dort geschützt unter dem lacertus fibrosus. (Abb. 138.) Sie teilt sich in die Speichenarterie (A. radialis) und die Ellenarterie (A. ulnaris). (Abb. 139.) Die Speichenarterie zieht in der Tiefe vor der Speiche zwischen Armspeichenmuskel und Speichenbeuger der Hand nach abwärts und liegt über dem Handgelenk dicht unter der Haut, wo sie zum Pulsfühlen benutzt wird. Sie teilt sich in der Hohlhand in einen tiefen und einen oberflächlichen Ast. Die Ellenarterie zieht vor der Elle unter dem Ellenbeuger der Hand, den sie schräg kreuzt, bis in die Nähe des Handgelenkes, wo sie ebenfalls oberflächlich unter der Haut liegt und abgetastet werden kann. Sie teilt sich wie die Speichenarterie in der Hohlhand in einen tiefen und einen oberflächlichen Ast. Die Ausläufer beider Äste der Speichenarterie und Ellenarterie vereinigen sich in der Hohlhand zu einem tiefen und einem oberflächlichen Hohlhandbogen, von denen Äste für die Finger abgehen. Die Bemerkungen über Arterienblutungen am Bein auf Seite 183 gelten auch für die Arterienblutungen am Arm.

e) Die Äste der absteigenden Aorta und Bauchaorta.

α) Die Zwischenrippenarterien (A. intercostales) verlaufen beiderseits in den Zwischenrippenräumen und versorgen die Rückenmuskeln, das Rückenmark und einen Teil der Brustmuskeln. (Abb. 132.)

β) Die Lendenarterien (A. lumbales) verlaufen in der Bauchgegend parallel den Zwischenrippenarterien und versorgen die Bauchmuskeln. (Abb. 132.)

γ) Die drei Eingeweidearterien (A. coeliaca, mesenterica superior und mesenterica inferior) entspringen von der Vorderseite der Bauchaorta und senden Äste zu dem Magen, den Därmen, der Leber, der Bauchspeicheldrüse und der Milz. (Abb. 147 u. 155.)

δ) Die Nierenarterie (A. renalis) ist viel stärker, als man für die Ernährung der Niere erwarten sollte, da die Nieren das Hauptorgan zur Ausscheidung der Stoffwechselprodukte sind und ihre Aufgabe natürlich nur dann ausreichend erfüllen können, wenn dauernd ein möglichst großer Bruchteil des Blutes auf einmal seine Abfallstoffe abladen kann. (Abb. 133.)

Selbstverständlich gehen überall Zweige von den beschriebenen Arterien zu den einzelnen Körperteilen, um sie mit Blut zu versorgen.

B. Die Lungenschlagader (A. pulmonalis).

Die Lage der Lungenschlagader ist schon in dem Abschnitt „Lage der Brustorgane" Seite 152 beschrieben worden. Ihre beiden Äste verzweigen sich in den Lungen immer mehr und gehen schließlich in die Lungenkapillaren über, die wieder zu den Lungenvenen zusammenfließen. Die Lungenschlagader führt im Gegensatz zu den Körperarterien sauerstoffarmes, dunkelrotes Blut. (Abb. 127 u. 128.)

2. Die Venen.

Die Venen werden A. in die Körpervenen, B. in die Lungenvenen eingeteilt.

Anmerkung. V. bedeutet bei den lateinischen Namen Vena.

A. Die Körpervenen.

Man kann zwei verschiedene Arten, die tiefen Venen und die oberflächlichen oder Hautvenen unterscheiden.

Die tiefen Venen entsprechen im allgemeinen den Arterien. Nur sind die kleinen und mittleren Arterien meist von zwei Venen, in deren Mitte die Arterie verläuft, begleitet. Den großen Arterien, von der Oberschenkelarterie und Oberarmarterie an, entspricht stets nur eine Vene, die dann medial von der Arterie liegt. Die beiden Hohlvenen verlaufen auf der rechten Seite der Wirbelsäule.



Abb. 140. Die Hautvenen des Armes, rechts. (Bardeleben.)

Die oberflächlichen oder Hautvenen sammeln das Blut aus den Kapillaren der Haut der Gliedmaßen und des Halses und senken sich dann in eine der tiefen Venen ein. Sie haben kein Gegenstück unter den Arterien, da diese immer nur kurze Zweige zur Versorgung eines kleinen Hautbezirkes entsenden. (Abb. 140.) Die Hautkapillaren des Armes sammeln sich in zwei Hautvenen, deren eine an der Kleinfingerseite verläuft und sich an der Mitte des Oberarmes in die Oberarmvene ergießt, deren andere an der Daumenseite verläuft und durch die Mohrenheimsche Grube in die Achselvene mündet. Die Hautkapillaren des Beines sammeln sich in gleicher Weise in zwei Hautvenen, die an der Kleinzehenseite und an der Großzehenseite verlaufen. Die erste mündet in der Kniekehle, die zweite im Scarpaschen Dreieck in die entsprechende tiefe Vene des Beines. Die Hautvenen besitzen ein reiches Netzwerk von gegenseitigen Verbindungsvenen und senden mehrfach während ihres Verlaufs Verbindungen zu den tiefen Venen.

Sämtliche Venen der oberen Körperhälfte sammeln sich schließlich

a) in der **oberen Hohlvene** (V. cava superior), die auf der rechten Seite der Wirbelsäule abwärts zum rechten Vorhof verläuft. Die Venen der unteren Körperhälfte sammeln sich (Abb. 114).

b) in der **unteren Hohlvene** (V. cava inferior), die in der Bauchhöhle auf der rechten Seite der Wirbelsäule aufwärts verläuft und sich unmittelbar nach ihrem Durchtritt durch das Zwerchfell ebenfalls in den rechten Vorhof ergießt. (Abb. 113 u. 114.)

Die Venen des Magens, des Darmkanals, der Milz und der Bauchspeicheldrüse nehmen eine Sonderstellung ein. Sie sammeln sich

c) zur **Pfortader** (V. portae), die zur Leber verläuft und sich dort nochmals in Kapillaren auflöst. Diese sammeln sich zu den Lebervenen, die sofort nach ihrem Austritt an der Hinterfläche der Leber in die untere Hohlvene münden. Das Blut von Magen, Darm, Milz, Speicheldrüse und Leber muß infolge dieser Anordnung außerordentlich leicht Stauungen ausgesetzt sein. (Abb. 113.)

B. Die Lungenvenen.

Das Blut aus den Lungenkapillaren sammelt sich ebenso wie das Blut aus den Körperkapillaren in Venen, die schließlich in je zwei großen Stämmen für jede Lunge

zusammenfließen, so daß man im ganzen vier Lungenvenen (V. pulmonales) unterscheidet. Die Lungenvenen münden nach ganz kurzem Verlauf in den linken Vorhof des Herzens. Sie führen arterielles, hellrotes Blut.

3. Lymphgefäße und Lymphknoten.

A. Lymphgefäße.

Die Lymphe sammelt sich überall im Körper aus den Gewebslücken in Lymphkapillaren, die wie die Venen allmählich zu größeren Stämmen zusammenfließen. Die oberflächlichen Lymphgefäße verlaufen meist mit den Hautvenen, die tieferen mit den Arterien und Venen zusammen.

Die Lymphgefäße der rechten oberen Körperhälfte sammeln sich im rechten Lymphgang, der sich in den Zusammenfluß der rechten Halsvene und Schlüsselbeinvene ergießt.

Die Lymphgefäße der ganzen linken Körperhälfte und der rechten unteren Körperhälfte sammeln sich im Milchbrustgang, der in der Brusthöhle auf der linken Seite der Wirbelsäule rechts neben der Aorta liegt und sich in den Zusammenfluß der linken Halsvene und Schlüsselbeinvene ergießt.

B. Lymphknoten.

Die Lymphknoten, fälschlich auch Lymphdrüsen genannt, bestehen aus einem bindegewebigen Netzwerk, in dessen Maschen Anhäufungen von weißen Blutkörperchen (Lymphkörperchen) liegen. Der ganze Lymphknoten ist durch eine besondere Bindegewebskapsel von der Umgebung abgegrenzt und durch bindegewebige Scheiden in Fächer geteilt.

Außer diesen eigentlichen Lymphknoten gibt es noch einfache Gebilde ohne Kapsel, die sogenannten Lymphfollikel, die überall in der Schleimhaut des Verdauungskanals verstreut liegen. Auch größere Gebilde, die sogenannten Mandeln, die beiden Gaumenmandeln und die Rachenmandel, gehören hierher.

Die eigentlichen Lymphknoten sind an verschiedenen Stellen des Körpers in die Bahn der Lymphgefäße eingelagert. Das Lymphgefäß tritt in den Lymphknoten auf der einen Seite ein und verläßt ihn auf der anderen Seite. Schädliche Bestandteile der Lymphe, die z. B. aus Verletzungen stammen, werden durch die Lymphknoten zurückgehalten und vernichtet. Die Lymphknoten sind also Schutzvorrichtungen des Körpers, können jedoch auch durch die schädlichen Stoffe anschwellen und vereitern. Daher muß bei jeder stärkeren, schmerzhaften Anschwellung der Lymphknoten der Arzt gefragt werden, weil die Anschwellung ein Zeichen für die Kraft der schädlichen Stoffe ist und Blutvergiftung eintreten kann, wenn diese Stoffe durch die Lymphknoten nicht aufgehalten werden. Die Lymphknoten am Hals, an der Ellenbeuge und Achselhöhle, sowie in der Kniekehle und Leistenbeuge sind besonders bekannt und nehmen die Lymphgefäße von Kopf, Hals, oberen und unteren Gliedmaßen auf.

C. Die Milz.

Der Bau der Milz entspricht dem Bau der Lymphknoten. Nur ist die Milz viel größer als die Lymphknoten und nicht in das Lymphgefäßsystem, sondern in die Blut-

bahn eingelagert. Die Milz hat abgeplattete, ovale Gestalt, blaurötliche Farbe und ist etwa 13 cm lang, 9 cm breit und 4 cm dick. Sie liegt in der linken Bauchseite über der linken Niere, unmittelbar unter dem Zwerchfell. Sie schwillt bei Infektionskrankheiten, ähnlich wie die Lymphknoten, durch schädliche Stoffe an und behält namentlich nach Typhus und Malaria dauernd eine unnatürliche Größe. Die Bedeutung der Milz für die Blutbildung ist Seite 172 u. 173 beschrieben. Da diese Tätigkeit auch noch anderen Organen zukommt, kann die Milz ohne Gefahr für das Leben entfernt werden. Danach tritt wieder mehr rotes Knochenmark auf, um die ausgefallene Tätigkeit der Milz zu ersetzen.

4. Der Bau der Blut- und Lymphgefäße.

A. Der Bau der Arterien.

Die Kapillaren sind Röhren aus einfachem Pflasterepithel. Die kleinen Arterien haben unter dem Pflasterepithel eine bindegewebige Unterlage, in der sich elastische Fasern und glatte Muskelfasern finden.

Pflasterepithel und bindegewebige Unterlage bilden zusammen die Innenhaut der größeren Arterien, zu denen nach außen noch eine Muskelschicht und eine Außenschicht hinzukommen, so daß die Wand der Arterien aus drei Schichten zusammengesetzt ist. Die Muskelschicht besteht aus glatten Muskelfasern, die ringförmig, längs verlaufend und spiralig angeordnet und mit bindegewebigen und namentlich elastischen Fasern reichlich durchsetzt sind. Die Außenhaut ist im wesentlichen bindegewebig, enthält aber auch glatte Muskelfasern, die in der Längsrichtung verlaufen.

Die elastischen Fasern verleihen den Arterien ihre elastische Dehnbarkeit, die für die Vorwärtsbewegung des Blutes von großer Bedeutung ist. Die glatten Muskelfasern können die Weite des Arterienrohres verändern, je nachdem ein Körperteil größeren oder geringeren Blutbedarf hat. Die glatten Muskelfasern der Hautarterien dienen der Wärmeregulierung und vermögen deren Lichtung fast völlig zu verschließen. Die Muskelschicht und Außenschicht sind an Stellen, die starken Druck auszuhalten haben oder durch die Stärke des Herzstoßes ausgiebig gegen ihre Umgebung verschoben werden, besonders kräftig, um eine Ausbiegung des Arterienrohres zu verhindern. Beides ist an der Aorta und besonders am Aortenbogen der Fall. Die Wände größerer Arterien und größerer Venen besitzen besondere kleine Blutgefäße zu ihrer Ernährung.

B. Der Bau der Venen.

Die Wand der Venen entspricht in ihrem Bau im wesentlichen der Arterienwand, ist aber besonders in der Muskelschicht dünner. Auch die elastischen Fasern sind in der Venenwand weniger zahlreich, da sie einen geringeren inneren Druck auszuhalten hat als die Arterienwand. Die Venen sind daher von ihrer Umgebung abhängiger als die Arterien. Sie werden leicht zusammengedrückt oder fallen von selbst zusammen, wenn sie nicht von der Umgebung offen gehalten werden. Jedoch richtet sich auch die Dicke der Venenwand nach der Inanspruchnahme. So sind die Venen der unteren Gliedmaßen dickwandiger, da sie beim aufrechten Gang des Menschen dem Druck des Schwergewichtes der langen Blutsäule ausgesetzt sind. Trotzdem genügt die Festigkeit ihrer Wände oft nicht, wie die Krampfadern und die Krampfaderbrüche

beweisen, die allerdings hauptsächlich bei den schon oft erwähnten konstitutionellen Schwächlingen vorkommen, aber auch bei kräftigen Menschen durch Berufsschädlichkeiten, wie langes Stehen, hervorgerufen werden, oder bei Frauen durch Stauungen aus anderen Gründen.

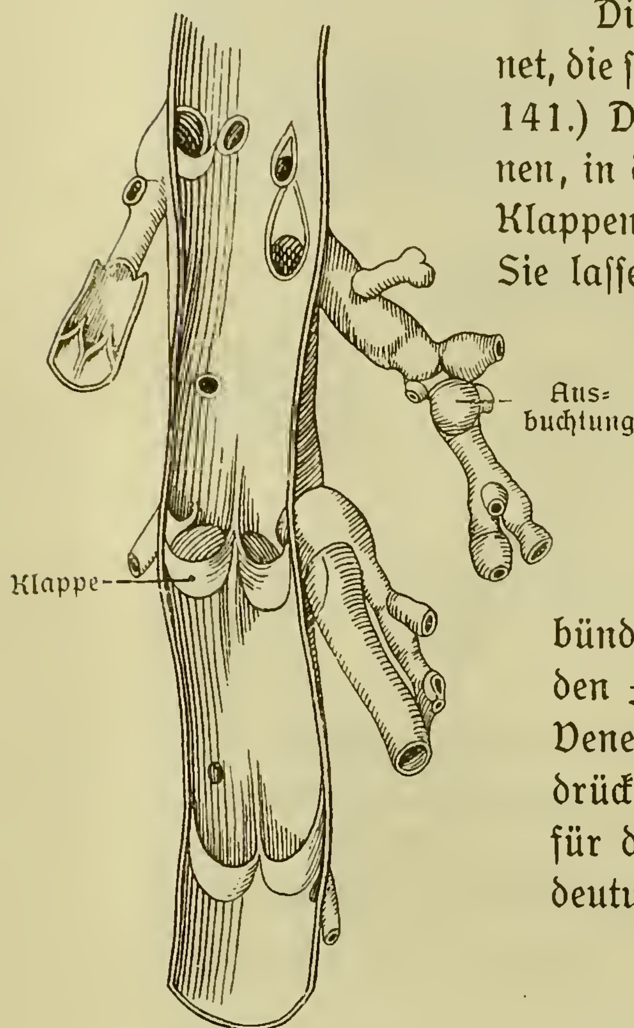


Abb. 141. Die Klappen in der aufgeschnittenen Oberschenkelvene und deren Seitenästen. $^1/_2$ nat. Größe. (Bardeleben.)

Die Venen sind vor den Arterien durch Klappen ausgezeichnet, die sich besonders an den Venen der Gliedmaßen finden. (Abb. 141.) Die Klappen fehlen ganz an den größten und kleinsten Venen, in den Blutleitern des Gehirns und dem Pfortadersystem. Die Klappen sind Taschenklappen wie die Aorten- und Pulmonalklappe. Sie lassen das Blut in der Richtung nach dem Herzen hindurch, schließen sich aber sofort bei Rückstauung des Blutes, die im aufrechten Stand durch die Schwerkraft des Blutes besonders bei den Venen der Gliedmaßen eintreten muß.

Die Venen und Arterien verlaufen meist mit den Nerven, zum Gefäßnervenbündel vereinigt, zwischen den verschiedenen Muskelgruppen. Das Gefäßnervenbündel ist von einer bindegewebigen Scheide umgeben, die mit den Faszien der Muskeln verwachsen ist. Die dünnwandigen Venen können daher durch die Muskeln einmal zusammengedrückt oder durch den Zug der Faszie erweitert werden, was für den Rückfluß des Blutes zum Herzen von besonderer Bedeutung ist.

C. Der Bau der Lymphgefäße.

Die Lymphgefäße sind ähnlich gebaut wie die Venen und haben ebenfalls Klappen. Sie sind aber noch wesentlich dünnwandiger als die Venen.

D. Die Dicke der Blutgefäße und Lymphgefäße.

Die ungefähre Dicke der Blutgefäße und Lymphgefäße wird nur angeführt, um dem Leser ein Bild davon zu geben. Die Zahlen brauchen natürlich nicht gemerkt zu werden.

Tabelle 6.

	Durchmesser		Durchmesser
Aorta beim Austritt aus dem Herzen	2,7 cm	äußere und innere Halsarterie je	0,6 cm
absteigende Aorta	2 "	Wirbelarterie	0,3 "
äußere Hüftarterie	1,2 "	Schlüsselbeinarterie	1,2 "
Oberschenkelarterie	1 "	Oberarmarterie	0,6 "
Kniekehlenarterie	0,6 "	Ellen- und Speichenarterie . je	0,5 "
vordere und hintere Schienbeinarterie . je	0,5 "	obere Hohlvene	2,2 "
gemeinsame Halsarterie	0,8 "	Halsvene	1,3 "
		untere Hohlvene	3,3 "
		äußere Hüftvene	1,3 "

Die übrigen Venen haben, wo sie in der Zweizahl vorhanden sind, ungefähr die Dicke der Arterien, sonst sind sie dicker. Der Milchbrustgang ist etwa so dick wie ein mäßiger Federkiel. Man kann daraus entnehmen, wie dünn die übrigen Lymphgefäße sein müssen.

Fünfter Abschnitt.

Die Blutbewegung.

1. Die Herztätigkeit.

Das Herz ist ein Hohlmuskel und leistet seine Arbeit wie jeder Muskel durch Zusammenziehen, und zwar ohne unseren Willensantrieb. Der Hohlraum muß bei der Zusammenziehung verkleinert bzw. ganz aufgehoben und der Inhalt, das Blut, ausgetrieben werden. Das Herz erschlafft sodann und kann von neuem das einströmende Blut aufnehmen. So die beiden Herzkammern. Die Vorhöfe vermehren die Leistungsfähigkeit des Herzens. Sie nehmen während der Zusammenziehung der Kammern das allmählich einströmende Blut auf und treiben es während der Kammererschlaffung in die Kammern. Die Vorhöfe sind also während der Zusammenziehung der Kammern erschlafft und umgekehrt die Kammern während der Zusammenziehung der Vorhöfe. Dagegen ziehen sich beide Kammern ebenso wie beide Vorhöfe gleichzeitig zusammen. Die Zusammenziehung und Erschlaffung der Kammern dauert die gleiche Zeit an. Dagegen bleiben die Vorhöfe während der Erschlaffung der Kammern zunächst auch noch erschlafft. Man nennt diese Zeit die Herzpause. Die Vorhoferschlaffung dauert also länger (doppelt so lange) an als ihre Zusammenziehung. Die Herztätigkeit spielt sich demnach folgendermaßen ab: Die Vorhöfe ziehen sich nach einer kurzen Zeit völliger Ruhe des Herzens zusammen. Während sie zu erschlaffen beginnen, überträgt sich die Zusammenziehung auf die Kammern, nach deren Zusammenziehung von neuem die Zeit völliger Ruhe beginnt. Diese einzelnen Abschnitte der Herztätigkeit nennt man Phasen, die einmalige Abwicklung aller Phasen Herzperiode. Man teilt sich die Herzperiode am besten in sechs Teile. Dann dauert die Phase der Herzpause $^1/_6$, die Phase der Vorhofzusammenziehung $^2/_6$, die Phase der Kammerzusammenziehung $^3/_6$ der Herzperiode. Die Phase der Kammererschlaffung fällt mit $^1/_6$ mit der Herzpause und mit $^2/_6$ mit der Vorhofzusammenziehung zusammen. Die Herzpause ist sehr wichtig. Sie bedeutet zunächst eine Ruhepause für das Herz. Dann aber wird das Venenblut durch die gleichen Kräfte, die es in den Vorhof treiben, in der Zeit der Herzpause in die Kammer weitergeschoben, während der Vorhof fortlaufend nachgefüllt und durch die folgende Vorhofzusammenziehung vollends entleert wird. Das bekommt eine besondere Bedeutung, wenn sich das Schlagvolum bei größerer Inanspruchnahme des Herzens vergrößert. Dann werden die Wände der Kammer zur Aufnahme der größeren Blutmengen gedehnt, was beim Vorhof infolge der Herzpause nicht in dem Maße nötig ist, da er trotz gleichen Fassungsvermögens niemals die gleiche Menge Blut zu gleicher Zeit beherbergt. Der erschlaffte Muskel kann in bestimmten Grenzen ohne Schaden gedehnt werden. Immerhin könnten die Vorhöfe bei der geringen Stärke ihrer Wand eher als die Kammern durch Dehnung geschädigt werden. Die Herzpause bedeutet also auch eine Schonung der Vorhöfe.

Die verschiedenen Herzklappen sorgen in der schon Seite 178 u. 179 beschriebenen Weise

dafür, daß das Blut immer in der gleichen Richtung weitergetrieben wird. Derartige Klappen fehlen aber an der Mündung der Hohlvenen bzw. Lungenvenen in die Vorhöfe, und doch wird das Blut bei der Vorhofzusammenziehung nicht in die Venen zurückgetrieben. Während sich nämlich die Kammern allseitig zusammenziehen und daher der erwähnten Klappen bedürfen, haben die Vorhöfe im wesentlichen ringförmige Muskelfasern und beginnen die Zusammenziehung an den Mündungsstellen der Venen, allmählich nach der Öffnung zur Kammer fortschreitend, wobei das Blut gewissermaßen nach der Kammer zu massiert wird.

Jeder Reiz zur Zusammenziehung ruft bei dem Herzmuskel eine völlige Zusammenziehung hervor, nicht wie bei anderen Muskeln nur eine Zuckung, die erst durch wiederholte Reize zur völligen Zusammenziehung wird. Der Herzmuskel ist während der Zusammenziehung gänzlich unempfindlich gegen neue Reize, so daß stets eine Erschlaffung auf die Zusammenziehung folgen muß, was zur Aufnahme neuen Blutes durchaus nötig ist. Die neue Zusammenziehung wird um so kräftiger, je später in der Phase der Erschlaffung der neue Reiz einsetzt. Die Herztätigkeit ist also auf gleich starken Reiz bei Beschleunigung schwächer.

Die Zusammenziehung der Kammern verursacht eine Änderung der Gestalt des Herzens. Sie wirkt hauptsächlich in der transversalen Achse, so daß die Basis des Kegels aus der elliptischen Form in die Kreisform übergeht. Gleichzeitig verkürzt sich die Achse des Kegels und stellt sich in einen rechten Winkel zur Basis, so daß aus dem schiefen, abgeplatteten Kegel ein gerader Kegel wird. Dabei rückt nicht etwa die Spitze des Herzens an die Basis heran, sondern die Basis wird an die Herzspitze herangezogen, da sonst im Herzbeutel zwischen Brustwand und Herz ein luftleerer Raum entstehen würde. Die der vorderen Brustwand im 5. Zwischenrippenraum anliegende Herzspitze muß bei dieser Einstellung der Achse gehoben werden und dabei die Brustwand vorstoßen. Diese Erscheinung, bei der die Herzspitze also nicht etwa erst an die Brustwand anschlägt, wird „Spitzenstoß" genannt. Der Spitzenstoß ist fühlbar und bei vielen Menschen in der Ruhe, bei allen Menschen bei stärkerer Herztätigkeit sichtbar.

Das Herz schlägt bei Erwachsenen durchschnittlich 70 mal in der Minute. Längere Menschen haben langsameren, kleinere schnelleren Herzschlag, Männer langsameren als Frauen. Das Schlagvolum beträgt beim Erwachsenen in der Ruhe durchschnittlich 80—100 ccm und kann durch Dehnung der Herzwand bis zum dreifachen Werte gesteigert werden. Dabei ist natürlich keine dreifache Dehnung der Herzwand, sondern nur eine Dehnung um etwa das $^2/_3$fache nötig.

Die linke wie die rechte Herzkammer befördern danach in der Minute rund 5600 ccm, d. h. etwas mehr als die gesamte Blutmenge, in der Stunde 336 000 ccm oder 336 l, in 24 Stunden 8 064 000 ccm oder 8064 l. Die Menge wird am besten veranschaulicht, wenn man sich das Gefäß vergegenwärtigt, das diese Blutmenge fassen würde. Es ist ein Zylindergefäß von 1 m Durchmesser und etwas mehr als 10 m Höhe.

Die linke Kammer leistet dabei folgende Arbeit: Die Druckkraft der linken Kammer bei jeder Zusammenziehung würde eine Blutsäule von 1 kg Schwere um etwa 16—18 cm heben. Ihre Arbeitsleistung beträgt also bei jedem Herzschlag 0,16 bis

0,18 kgm. Das ergibt für die Stunde 672—756 kgm, für 24 Stunden 16 128 bis 18 144 kgm. Durch diese Arbeitsleistung kann ein Zentner 342 m hoch gehoben werden. Die rechte Kammer leistet etwa den dritten Teil und jeder der Vorhöfe den zehnten Teil der Arbeit der linken Kammer. Danach beträgt die Gesamtarbeitsleistung des Herzens bei jedem Herzschlag etwa 0,25 kgm. Das ergibt für die Stunde 1050 kgm, für 24 Stunden 25 200 kgm, was genügen würde, um einen Zentner 454 m zu heben.

2. Die Herztätigkeit und der große Kreislauf.

A. Die Wellenbewegung des Blutes. Der Pulsschlag.

Die 80 ccm Blut, die bei jedem Herzschlag von der linken Kammer in die Aorta befördert werden, würden 16 cm der Aorta ausfüllen. In starren Röhren würde damit jeder Herzschlag das Blut um 16 cm vorwärts schieben, worauf bei den großen Widerständen der engen Kapillaren ein Stillstand eintreten müßte. Der nächste Herzschlag brächte das gleiche Vorwärtsschieben und so weiter, so daß nie eine fortlaufende, gleichmäßige Bewegung des Blutes zustande kommen könnte. Außerdem würde unnütz Herzkraft vergeudet, da mehr Kraft dazu gehört, eine ruhende Flüssigkeit in Bewegung zu versetzen, als eine strömende Flüssigkeit in der Bewegung zu erhalten. Die Blutgefäße sind nun aber elastisch. Daher wird die Aorta unmittelbar an ihrem Beginn durch die vom Herzen in sie hineingeworfene Blutmenge ausgedehnt, worauf ihre Elastizitätskraft die ursprüngliche Weite wieder herzustellen sucht und dabei einen Teil der Flüssigkeit, der wegen der Klappen nicht ins Herz zurückfließen kann, in den nächsten Abschnitt der Aorta drückt. Dieser wird wieder erweitert und drückt ebenfalls durch seine Elastizitätskraft einen Teil der Flüssigkeit weiter und so fort. Auf diese Art läuft eine Wellenbewegung durch das ganze Gefäßsystem bis in die kleinsten Arterien. Dort werden die Widerstände durch die Enge der Verzweigungen so stark, daß die Wellenbewegung vor den Kapillaren fast völlig aufhört. Die Wellenbewegung wird in den Arterien als Puls fühlbar und hat eine Geschwindigkeit von etwa 9 m in der Sekunde, so daß der Puls an der Fußsohle etwa $^1/_9$ Sekunde nach erfolgtem Herzschlag gefühlt wird. Die Pulswelle ist hoch, wenn die Zusammenziehung der linken Kammer mit Kraft erfolgte. Die einzelnen Wellen folgen sich mit der Geschwindigkeit der Herztätigkeit, so daß sich die Herztätigkeit aus der Beschaffenheit des Pulses beurteilen läßt. Die Pulskurve zeigt ziemlich steilen Anstieg bei der Zusammenziehung und ziemlich langsamen Abfall bei der Erschlaffung. Der Abfall wird stets noch durch eine kleine aufsteigende Zacke unterbrochen, die von dem Rückprall des Blutes von der Aortenklappe herrührt. Weitere Zacken können durch Erschütterungen des Arterienrohres entstehen. (Abb. 142.)

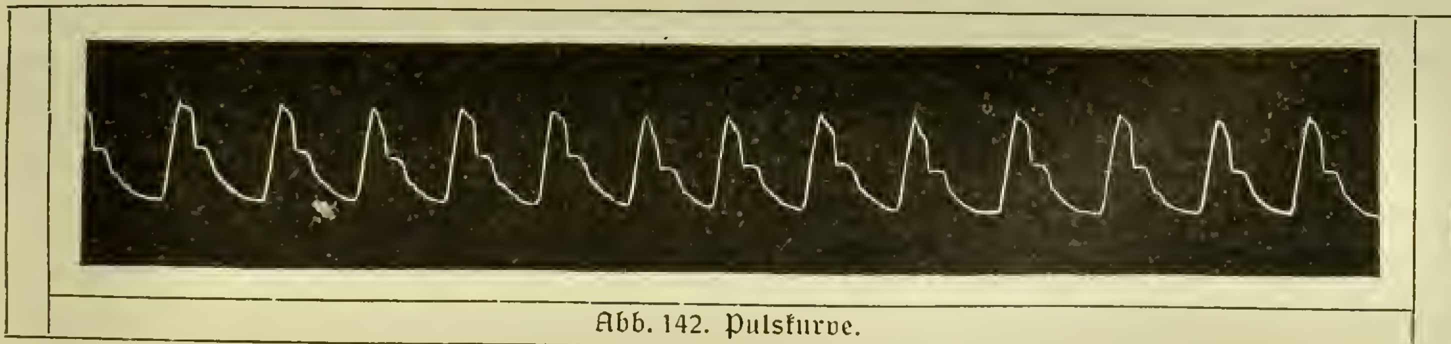


Abb. 142. Pulskurve.

B. Die Fortbewegung des Blutes. Der Blutdruck.

Die Fortbewegung des Blutes muß wie bei einem Fluß streng von der Wellenbewegung (des Pulses) unterschieden werden, nur daß Wellenbewegung und Fortbewegung beim Blute letzten Endes durch die gleiche Kraft entstehen. Ein in den Fluß geworfener Stein verdrängt (wie beim Blutkreislauf die in den Anfangsteil der Aorta hineingeworfene Blutmenge von 80 ccm) an einer Stelle Flüssigkeit und verursacht schnell über die Oberfläche verlaufende Kreise, die aber mit der Strömung des Flusses nichts zu tun haben. So läuft die Pulswelle unabhängig von der Fortbewegung des Blutes. Die gedehnten Arterienwände suchen aber vermöge ihrer elastischen Fasern fortdauernd ihre ursprüngliche Weite wiederherzustellen und üben so einen fortdauernden Druck auf das Blut aus, das dadurch vorwärts geschoben wird. Dabei wird die Weite der Arterien durch die glatten Muskeln derart geregelt, daß die Arterienwände dauernd in einer gewissen Spannung oder Dehnung gehalten werden. Der Druck der Arterienwände sinkt natürlich, je mehr sie sich ihrem Ruhezustande nähern. Er wird aber, noch auf beträchtlicher Höhe stehend, durch die nächste Zusammenziehung der linken Kammer auf die eben beschriebene Art von neuem erhöht. Dadurch entsteht ein dauernder Druck, der nur entsprechend der Kammerzusammenziehung und -Erschlaffung schwankt, während die Herztätigkeit selbst zwischen völliger Erschlaffung und Zusammenziehung wechselt. Der Druck wird Blutdruck genannt, da er sich natürlich dem Blute mitteilt. Die großen Widerstände der engen Kapillaren erlauben nur eine gleichmäßige Durchströmung. Daher bildet sich unmittelbar vor den Kapillaren eine noch weniger schwankende Druckhöhe heraus. Die Folge ist eine auch vor den Kapillaren, also in den Arterien gleichmäßige, freilich von stoßweisen Verstärkungen unterbrochene Fortbewegung, die in den Kapillaren und Venen keinerlei stoßweise Schwankung mehr zeigt. Eine kräftige Herztätigkeit wird natürlich auch den mittleren Blutdruck erhöhen und damit die Fortbewegung des Blutes beschleunigen. Außerdem ist die Höhe des Blutdruckes von der Enge oder Weite der Arterien abhängig, die, wie wir sahen, durch Erschlaffung oder Zusammenziehung ihrer Muskelfasern geregelt wird.

Außer dem Blutdruck lastet auf den Blutgefäßen, wie auf dem ganzen Körper, noch der Atmosphärendruck, der bei kräftiger Einatmung von Bedeutung für die Blutbewegung wird.

Der Blutdruck nimmt natürlich von der Aorta an allmählich ab, da er durch die Widerstände nach und nach verbraucht wird. Er beträgt in der Aorta etwa 180 mm Quecksilber, in den größeren Arterien etwa 140 mm, in den kleinsten Arterien noch ungefähr 110—120 mm Quecksilber. Er sinkt also im ganzen Arteriengebiet nur etwa um $^1/_3$ seiner Höhe, da die Widerstände (Reibung an den Arterienwänden, Wirbelbildung an den Teilungsstellen) nur gering sind. Die übrigen $^2/_3$ des Blutdruckes werden zum größten Teil von den großen Widerständen der Kapillaren verbraucht, so daß der Blutdruck in den kleinen Venen nur noch etwa 12 mm Quecksilber beträgt. Er nimmt dann weiter ab und sinkt vor der Einmündung der Venen in den rechten Vorhof unter den Atmosphärendruck.

C. Hilfskräfte für den Rückfluß des Blutes. Muskelbewegungen. Atmung.

Der geringe Blutdruck im Venengebiet reicht wohl gerade aus, das Blut zum Herzen zurückzubringen. Der Rückfluß muß aber schon durch geringe entgegenwirkende Kräfte mangelhaft werden. Das Blut unterliegt nun selbstverständlich dem Gesetz der Schwere. Das hat bei den Arterien wenig zu sagen, da hier die Schwerkraft unschwer durch den hohen Blutdruck überwunden wird und auch nur (bei aufrechter Stellung) in der aufsteigenden Aorta und den Arterien zur Versorgung von Kopf und Hals wirkt. Dagegen unterliegt das Blut eines viel größeren Teiles der Venen, nämlich aller Venen des Bauches, der unteren Gliedmaßen und der herabhängenden Arme, in aufrechter Stellung der Schwerkraft. Zahlen können dafür nicht angegeben werden, die Krampfadern veranschaulichen aber die Bedeutung der Schwerkraft, da sie zum Teil durch den Druck der Schwere des Blutes auf die Venenwandungen entstehen und am meisten bei Menschen vorkommen, die beruflich viel stehen müssen. Kalte Füße bei langem Stehen oder Sitzen entstehen zum Teil durch Stauung des Venenblutes, die den Zufluß neuen, warmen Blutes verhindert. Die Ansammlung des Blutes in den unteren Körperteilen verursacht dabei unvollkommene Durchblutung des Gehirns, die zu Ohnmachtsanfällen führen kann.

Diese Schwierigkeiten für den Rückfluß des Blutes werden durch Hilfskräfte des Kreislaufes, im besonderen Muskelbewegungen und Atembewegungen, überwunden.

Die Zusammenziehungen der Muskeln drücken auf das zwischen ihnen verlaufende Gefäßnervenbündel, im besonderen auf die dünnwandigen Venen, und schieben das Blut, das vermöge der Venenklappen nicht zurückfließen kann, nach dem Herzen weiter. Andere Muskelbewegungen erweitern den Innenraum der Venen durch den Zug der Muskelfaszien an der Scheide der Gefäßnervenbündel. Dadurch entstehen in den Venen vorübergehend kleine Hohlräume mit negativem Druck, so daß der vermehrte Druckunterschied die Schwerkraft überwinden und das Blut zum Herzen weiter treiben kann. Die Skelettmuskeln ersetzen also hier gewissermaßen ein zweites Herz.

Die Sitzhaltung und namentlich Kauerstellung erschweren den Rückfluß des Blutes weiter durch Druck des Poupartschen Bandes auf die äußere Hüftvene und durch Druck der zusammengepreßten Baucheingeweide auf die untere Hohlvene, was durch starke Füllung des Bauches noch vermehrt wird. Das Hindernis wird aber zum Förderungsmittel, wenn Bewegungen einen Wechsel von Druck und freier Entfaltung schaffen. Die Verhältnisse an der Schlüsselbeinvene liegen ähnlich. Braun hat nun zwei Haltungen, die Braunschen Figuren, angegeben, deren Wechsel alle genannten Vorteile der Muskelbewegungen für den Blutkreislauf vereinigt. Die eine Figur stellt ausgiebige Kauerstellung, die andere aufrechte Stellung mit gegrätschten Beinen und seitwärts gehobenen Armen dar. Die Figuren entsprechen also fast völlig den verschiedenen Haltungen beim Schwimmen und ähneln den Haltungen beim Rudern. Darin liegt ein Grund für die Vortrefflichkeit der beiden Leibesübungen.

Der Einfluß der Atembewegungen auf den Rückfluß des Blutes kommt folgendermaßen zustande: Der Druck innerhalb der Brusthöhle sinkt bei kräftiger Einatmung (s. S. 163) zeitweise sehr erheblich unter den Atmosphärendruck und hält so-

mit dem außen auf den Blutgefäßen lastenden Atmosphärendruck nicht mehr die Wage. Der beiderseitige Druckunterschied kommt nun zu dem geringen Blutdruck in den Venen hinzu, überwindet leicht die Schwerkraft und drückt das Blut zum Herzen weiter. Das Blut wird, wie man sich ausdrückt, von der Brusthöhle angesaugt. (Abb. 143b.)

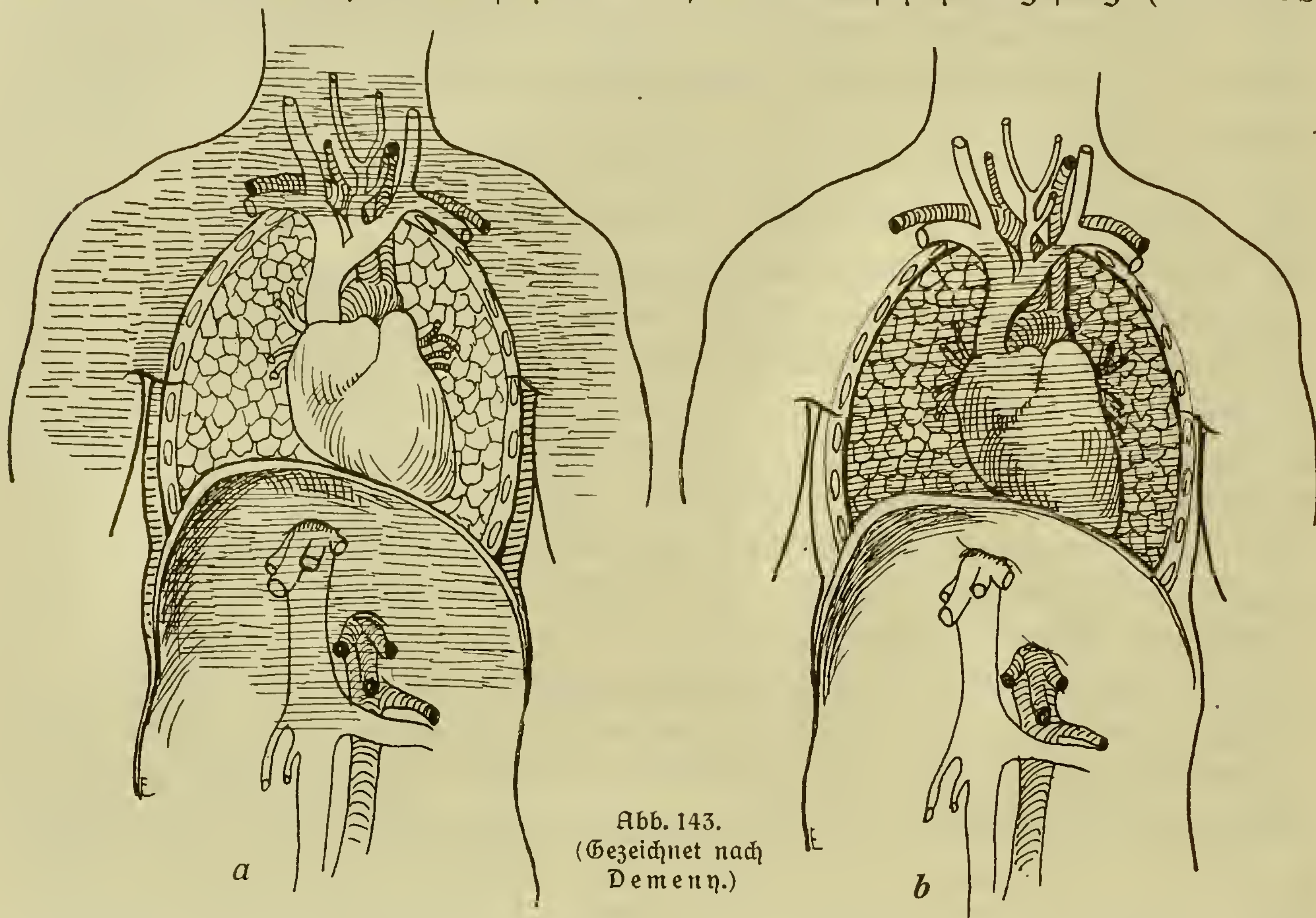


Abb. 143. (Gezeichnet nach Demeny.)

a Druckerhöhung in der Brusthöhle bei der Pressung, daher Blutleere der Organe der Brusthöhle, Blutüberfüllung des Körperkreislaufs, im besonderen der Venen.

b Druckherabsetzung in der Brusthöhle bei vertiefter Einatmung und besonders bei längerer Atemnot, daher Blutüberfüllung der Organe der Brusthöhle und Blutleere des Körperkreislaufs.

Diese Ansaugung ist besonders wichtig für den Rückfluß des Blutes in den Nierenvenen, den Lebervenen, der Leber und der Pfortader. In Leber und Nieren ist ja ein zweites Kapillarsystem eingeschaltet, wodurch der Blutdruck in den zugehörigen Venen natürlich noch mehr sinkt. Die Blutbewegung in den Bauchorganen wird ferner durch die Massagetätigkeit der Bauchatmung gefördert.

Auch bei ruhiger Ausatmung herrscht in der Brusthöhle außerhalb der Lungen noch „negativer Druck" und schwindet erst bei verstärkter und schneller Ausatmung, um bei forcierter Ausatmung und bei der Pressung weit über Atmosphärendruck anzusteigen.

D. Die Bedeutung der Druckerhöhung in der Brusthöhle.

Der Rückfluß des Blutes zum Herzen wird durch das Ansteigen des Druckes in der Brusthöhle bei beschleunigter, forcierter Ausatmung und namentlich bei der Pressung natürlich nicht nur nicht gefördert, sondern aufs äußerste erschwert. Das Herz wird in solchen Fällen den Kreislauf durch vermehrte Kraftanstrengung und damit erhöhten Blutdruck in geregeltem Gang zu erhalten suchen. Also Herzkraft und Elastizität der Arterienwände werden sehr stark in Anspruch genommen. Der Erfolg

ist bei genügender allmählicher Übung häufig Stärkung, sehr oft aber auch Überanstrengung und Schädigung des Herzens. Die physiologische Wirkung der beschleunigten Ausatmung und der Pressung ist im übrigen in der Praxis grundverschieden. Die beschleunigte Ausatmung ist bei Schnelligkeitsleistungen am ausgesprochensten, die Pressung bei umfangreichen Kraftleistungen.

a) **Die Pressung** kommt bei Kraftleistungen größerer Muskelgruppen, namentlich der Arme und des Rumpfes, in Anwendung. Das Wesen der Pressung in Hinsicht auf die Leibesübungen ist in Deutschland zuerst von F. A. Schmidt-Bonn eingehend beschrieben worden und läßt sich am klarsten bei dem Stemmen schwerer Gewichte darstellen. Die Arme brauchen zur vollen Kraftentfaltung einen unbeweglichen Ansatz. Deshalb muß in erster Linie der sehr bewegliche Schultergürtel festgestellt werden, was nur möglich ist, wenn der Brustkorb durch Unterbrechung der Atmung gleichfalls festgestellt wird. Man atmet zu dem Zweck unwillkürlich tief ein, hält die Luft durch Schließen der Stimmritze in den Lungen fest und macht eine kräftige Ausatmungsbewegung, in der man beharrt. Dadurch wächst der Druck in der Lunge und entsprechend in der Brusthöhle bis zur Höhe der Ausatmungskräfte über Atmosphärendruck an, was sich auf die Vorhöfe des in der Brusthöhle liegenden Herzens übertragen muß. Der Rückfluß des Blutes aus dem gesamten großen Kreislauf wird daher durchaus mangelhaft. Die Organe der Brusthöhle, Lunge und Herz, werden relativ blutleer, nachdem das Blut aus dem kleinen Kreislauf in den großen Kreislauf gepumpt ist. Das Blut staut sich in den Körpervenen. (Abb. 143.) Hält der Zustand eine Weile an, so muß schon die unnatürliche Blutverteilung den Körper schädigen. Im besonderen wird das in der Brusthöhle liegende Herz schlecht ernährt, und doch soll das linke Herz Höchstarbeit leisten, um den Kreislauf einigermaßen aufrechtzuerhalten. Denn das Arterienblut muß gegen die großen Widerstände des angestauten Venenblutes, die nahezu dem Druck in der Brusthöhle gleichkommen können, angepumpt werden. Wird nun das hochgestemmte Gewicht heruntergelassen, so löst sich plötzlich die Pressung. Der Rest der verbrauchten Luft wird schnell herausgepreßt, und sofort folgt eine besonders tiefe, schnelle Einatmung, die augenblicklich den Druck in der Brusthöhle so tief wie möglich herabsetzen muß. Das angestaute und unter hohem Druck stehende Körpervenenblut strömt mit gewaltigem Druckunterschied in das soeben schlecht ernährte und darum weniger widerstandsfähige rechte Herz hinein. Das rechte Herz muß daher gedehnt werden, was schon beim ersten Male zu einer Überdehnung und damit Erweiterung führen kann, sicher aber bei häufiger Wiederholung dauernd schaden muß, wenn auch plötzliche Todesfälle zu den Seltenheiten gehören. Zu der Schädigung des Herzens kommt eine starke Inanspruchnahme der Elastizität der Gefäßwände und der Lungen. Jede Anstrengung ist mit einer gewissen vorübergehenden Pressung verbunden und wird einem kräftigen Herzen mit gesunden Blutgefäßen nicht schaden, da die Zeit zu kurz ist, um die falsche Blutverteilung mit ihrer Mehrarbeit für das linke Herz und ihren Folgen bei Lösung der Pressung zur Ausbildung kommen zu lassen. Dagegen muß häufige, längere Zeit dauernde Pressung im Beruf oder bei Leibesübungen stets verderblich wirken.

b) **Die beschleunigte Ausatmung** bei Schnelligkeitsübungen verursacht gleich-

falls Druckerhöhung in der Brusthöhle, daher auch starke Anstrengung des linken Herzens und der Gefäßwände, wenn auch in geringerem Grade. Aber die unnatürliche Blutverteilung kann sich hier nie herausbilden, da eine beschleunigte Einatmung mit Ansaugung des Körpervenenblutes sofort auf die beschleunigte Ausatmung folgt. Daher fällt eine wichtige Ursache für die Dehnung des rechten Herzens fort. Die ansaugende Wirkung der tiefen Einatmung wird sogar überwiegen, so daß die Organe der Brusthöhle besonders gut durchblutet werden und damit das Herz bei seiner vermehrten Arbeit reichliche Nahrung erhält. Eine Überanstrengung des Herzens durch die gewaltige Arbeitsleistung der Schnelligkeitsübungen ist natürlich trotzdem möglich, läßt sich aber durch verständige, allmähliche Übung vermeiden, so daß gesunde, kräftige Herzen weiter gekräftigt werden.

E. Die Schnelligkeit der Blutbewegung.

Gleichmäßige Fortbewegung des Blutes bedeutet nicht, daß das Blut an allen Punkten des großen Kreislaufes mit der gleichen Schnelligkeit fließt, sondern daß die gleiche Strecke des Kreislaufes in der gleichen Zeit durch die gleiche Menge Blutes durchströmt wird. Die Schnelligkeit der Fortbewegung muß daher verschieden sein, da die Weite der Gefäße verschieden ist. Der Gesamtdurchschnitt der Arterien nimmt, wie erwähnt, immer mehr zu, bis der größte Gesamtdurchschnitt in den Kapillaren erreicht ist. Dann nimmt der Gesamtdurchschnitt der Venen bis zum Herzen wieder so weit ab, daß die Summe des Durchschnittes beider Hohlvenen etwa doppelt so groß als der Durchschnitt der Aorta ist. Die Schnelligkeit der Fortbewegung des Blutes muß sich bei gleichmäßiger Fortbewegung in den einzelnen Abschnitten umgekehrt wie ihr Gesamtdurchschnitt verhalten. Das Blut wird also am schnellsten in der Aorta fließen, am langsamsten in den Kapillaren. In den Venen wird die Stromgeschwindigkeit allmählich wieder zunehmen bis etwa zur Hälfte der Stromgeschwindigkeit in der Aorta. Die Stromgeschwindigkeit verhält sich also ganz anders als der Blutdruck. Die geringere Stromgeschwindigkeit in den Kapillaren ist außerordentlich zweckmäßig, da so eine möglichst lange Zeit für den Gasaustausch in den Geweben gewonnen wird. Die Geschwindigkeit ändert sich selbstverständlich überall bei veränderter Herztätigkeit. Die mittlere Ruhegeschwindigkeit des Blutstromes beträgt in der Aorta 0,3 m in der Sekunde, in den Kapillaren mehrere hundertmal weniger. Die Geschwindigkeit in den Venen steht im Verhältnis des Durchschnittes. Das Blut fließt infolge der Reibung an den Gefäßwänden nur in der Mitte der Blutgefäße in der angegebenen Geschwindigkeit.

Die Stromgeschwindigkeit des zähen Blutes ist etwa viermal langsamer als die des Wassers. Man hat berechnet, daß das Blut in der Ruhe in etwa 50 Herzperioden oder in etwa 40 Sekunden einmal den Kreislauf vollendet.

F. Vermehrte Arbeitsleistung des Herzens.

Das erhöhte Sauerstoffbedürfnis des Körpers wird nicht nur durch Erhöhung der Atmung, sondern auch durch Verstärkung des Kreislaufes gedeckt. Das kann wie bei der Atmung auf zweierlei Art geschehen, 1. durch Erhöhung des Schlagvolums bis auf die drei- oder vierfache Größe, 2. durch Erhöhung der Schlagfolge bis zur dreifachen Pulszahl. Ein kräftiges Herz wird den Bedürfnissen in erster Linie durch

Vergrößerung des Schlagvolums nachzukommen suchen. Eine erhebliche Vermehrung der Schlagfolge geschieht auf Kosten der Größe des Schlagvolums, da sich das Herz in der kurzen Zeit der Erschlaffung nicht mehr völlig füllen kann und bei starker Beschleunigung auch die Kraft zur völligen Entleerung verliert.

Der Kreislauf sorgt fein abgestuft für den Mehrverbrauch einzelner Körperteile. Muskeln oder andere Organe des Körpers erhalten bei der Arbeit mehr Blut als ruhende Organe. Die vermehrte Blutzufuhr geschieht durch Erweiterung, die verringerte Blutzufuhr durch Verengung der Blutgefäße vermöge der glatten Muskelfasern.

Auch der Blutdruck kann auf diese Weise geregelt werden. Die Muskelfasern der Blutgefäße ziehen sich nach starkem Blutverlust zusammen, so daß das nunmehr verkleinerte Kanalsystem durch die verkleinerte Blutmenge völlig gefüllt bleibt und der Kreislauf ungestört verlaufen kann. Daher sinkt der mittlere Blutdruck noch nicht, wenn der Blutverlust ein Drittel der Gesamtmenge des Blutes beträgt.

3. Der kleine Kreislauf.

Das Blut wird im kleinen Kreislauf in gleicher Weise wie im großen Kreislauf fortbewegt. Die Widerstände sind natürlich im kleinen Kreislauf wesentlich geringer als im großen Kreislauf. Daher ist die rechte Kammer bedeutend schwächer als die linke. Ihre Druckkraft beträgt etwa ein Drittel der Druckkraft der linken Kammer.

Die Stromgeschwindigkeit im kleinen Kreislauf muß der im großen Kreislauf entsprechen. Nur fließt hier das Blut schneller zum Herzen zurück, als es ausgetrieben wird, da die Lungenvenen einen kleineren Gesamtdurchschnitt haben als die Lungenarterie.

Da der gesamte kleine Kreislauf innerhalb der Brusthöhle liegt, kann die Atmung auf die Blutbewegung in einzelnen Abschnitten des kleinen Kreislaufes keinen wesentlichen Einfluß ausüben. Wohl aber wird der kleine Kreislauf in seiner Gesamtheit bei der Einatmung mehr Blut als bei der Ausatmung erhalten, da er zwischen dem großen Kreislauf eingeschaltet ist. Seine reichlichere Füllung während der Einatmung läßt erst den Einfluß der Atembewegungen auf den großen Kreislauf recht wirksam werden. Die Körpervenen können sich dann besonders ausgiebig wie in ein Sammelbecken entleeren, und das linke Herz kann um so gründlicher zur Versorgung des Körpers aus ihm schöpfen.

Drittes Kapitel.

Die Ernährung und die Ausscheidung der Stoffwechselprodukte.

Erster Abschnitt.

Die Nahrungsstoffe.

1. Übersicht über die Nahrungsstoffe und Nahrungsmittel.

Das Blut entnimmt alle Stoffe, die es dem Körper zuführt, mit Ausnahme des Sauerstoffes, aus der Nahrung. Diese Stoffe werden Nahrungsstoffe genannt und zerfallen in eigentliche oder organische und uneigentliche oder anorganische Nahrungsstoffe.

Die organischen Nahrungsstoffe enthalten Kohlenstoff zur Verbrennung und sind Eiweiß, Fette und Kohlehydrate. Unter ihnen nimmt das Eiweiß eine besondere Stelle ein. Der Körper kann ausschließlich aus dem Eiweiß seine eigenen Gewebe neu aufbauen und Teile verbrauchter Gewebe ergänzen. Das Eiweiß unterscheidet sich chemisch durch seinen Gehalt an Stickstoff (N) neben Kohlenstoff (C), Wasserstoff (H) und Sauerstoff (O) von den Fetten und Kohlehydraten. Es enthält außerdem noch Schwefel (S) und teilweise Phosphor (P). Das Eiweiß steht also als stickstoffhaltiger Nahrungsstoff und Gewebsbildner den stickstofffreien Nahrungsstoffen, Fetten und Kohlehydraten gegenüber, die im wesentlichen als Kraftspender in Frage kommen, wozu das Eiweiß auch noch verwandt werden kann. Der Körper schöpft also seinen Kraftvorrat aus den Nahrungsstoffen, Eiweiß, Fetten und Kohlehydraten, die sich dabei bis zu gewissen Mengen gegenseitig vertreten können, kann aber sein Gewebe nur aus Eiweiß aufbauen, das darin durch keinen anderen Stoff, nicht einmal durch den ihm chemisch nahestehenden Leimstoff, ersetzt werden kann.

Die uneigentlichen oder anorganischen Nahrungsstoffe sind Wasser und Salze und der durch die Lungen aufgenommene Sauerstoff.

Wir genießen nun aber nicht Nahrungsstoffe, sondern Nahrungsmittel, wie Fleisch, Brot, Gemüse, Milch und andere mehr, die die verschiedenen Nahrungsstoffe gemischt enthalten. Man muß danach streng zwischen Nahrungsmitteln und Nahrungsstoffen unterscheiden.

2. Die anorganischen Nahrungsstoffe.

Wenn die anorganischen Nahrungsstoffe auch keine Kraftspender sind, so sind sie für die Ernährung doch unentbehrlich. Das gilt in erster Linie vom

A. Sauerstoff.

Die in den organischen Nahrungsstoffen enthaltenen Energiemengen können ohne die Tätigkeit des Sauerstoffes nicht frei werden. Er setzt diese Spannkräfte durch Oxydation und Spaltung in Wärme und Arbeit um und hilft verbrauchte Körpergewebe abbauen.

B. Das Wasser.

Das Wasser verläßt den Körper unverändert, wie es mit der Nahrung aufgenommen wurde. Nur ein kleiner Teil des ausgeschiedenen Wassers ist nicht als solches in den Körper gelangt, sondern durch Oxydation von Wasserstoff im Körper selbst entstanden. Dieser Wasserstoff wird bei der Zersetzung von Nahrungsstoffen frei, wenn der Nahrungsstoff selbst nicht genügende Menge Sauerstoff für seine Oxydierung enthält. Dies ist beim Fett der Fall, weshalb ja auch ein Teil des eingeatmeten Sauerstoffes nicht als Kohlensäure in der Ausatmung wieder erscheint (s. S. 168).

Das Wasser ist für den Stoffwechsel unentbehrlich, obgleich seine weitaus größte Menge den Körper unverändert wieder verläßt. Die Nahrungsstoffe können nur in gelöster Form in den Körper aufgenommen werden, die Abbauprodukte den Körper nur in gelöster Form verlassen. Das Wasser dient in beiden Fällen als Lösungsmittel. Auch unsere Körpergewebe bestehen zum größten Teil aus Wasser, da sie sonst die gelösten Nahrungsstoffe gar nicht aufnehmen könnten. Der Wasserbestandteil unseres ge-

samten Körpers beträgt etwa 59 %, nach Abzug der Knochen, die nur 20 % Wasser enthalten, gegen 70 %.

Der Körper muß daher dauernd Wasser aufnehmen und tut dies ausschließlich durch die Nahrung. Die Wasserabgabe erfolgt mit der Ausscheidung der Abbauprodukte durch Harn und Schweiß. Das durch den Schweiß abgegebene Wasser wird gleichzeitig zur Wärmeregulierung des Körpers verwandt (s. S. 263 u. 264). Auch die Lungen müssen bei der Atmung, wie wir sahen, Wasser abgeben.

C. Anorganische Salze.

Ein Teil der anorganischen Stoffe gehört zu den Bestandteilen der Körpergewebe, so das Eisen zu den der roten Blutkörperchen, das Kalziumphosphat und andere zu den der Knochen, Kochsalz zu den von Blut und Lymphe und allen Körpergeweben. Die Salze müssen dem Körper daher zum Neuaufbau von Geweben zugeführt werden. Andere anorganische Stoffe sind nötig, um mit den schädlichen Zersetzungsprodukten des Eiweißes, z. B. dem freiwerdenden Schwefel oder Phosphor, unschädliche Salze zu bilden. Diese Stoffe werden in der Form von Salzen dem Körper mit der Nahrung zugeführt, besonders als Kochsalz (Natriumchlorid). Der Körper braucht auch Kalium, Magnesium und Kalziumsalze, letztere besonders in der Wachstumsperiode zur Knochenbildung. Unsere Nahrungsmittel enthalten im allgemeinen die nötigen Salze in genügender Menge. Weitere Salzmengen werden des Wohlgeschmackes wegen hinzugefügt.

3. Die organischen Nahrungsstoffe.

A. Das Eiweiß als Gewebsbildner.

Der Körper kann das nötige Eiweißmaterial zum Aufbau neuen Gewebes in der Wachstumszeit oder zum Ersatz verbrauchten Gewebes nur aus zugeführtem Eiweiß entnehmen. Er ist auch bei Anwesenheit von Stickstoff nicht imstande, aus anderen Nahrungsstoffen etwa selbst Eiweiß aufzubauen. Das ist verwunderlich, da er, wie wir zeigen werden, die Eiweißstoffe zur Aufnahme in den Körper erst zerlegen und dann wieder zusammensetzen muß. Da der Körper selbst kein Eiweiß aus anderen Stoffen bilden kann, so ist die zum Aufbau der Gewebe notwendige Eiweißmenge durch kein anderes Nahrungsmittel zu ersetzen.

Diese Eiweißmenge beträgt für den erwachsenen Menschen von 70 kg Gewicht rund 80 g reines Eiweiß in 24 Stunden, wie man aus Stoffwechselversuchen am Hungernden gefunden hat. Die Nahrung muß also mindestens 80 g Eiweiß täglich enthalten, um dem Stoffbedürfnis des Körpers zu genügen.

B. Eiweiß (Leimstoff), Fette, Kohlehydrate als Kraftspender.

Das Eiweiß dient nicht nur der Gewebsbildung, sondern auch der Befriedigung des Kraftbedürfnisses des Körpers, das noch durch Fette und Kohlehydrate, sowie durch den dem Eiweiß chemisch nahestehenden Leimstoff gedeckt wird. Eiweiß, Fette und Kohlehydrate können sich dabei entsprechend ihrem Brennwerte vertreten. Man versteht unter Brennwert die Menge Wärme, die bei der Oxydierung des betreffenden Nahrungsstoffes entsteht. Ein Drittel davon kann im menschlichen Körper in mechanische Arbeit um-

gesetzt werden. Die Vertretung der drei Nahrungsstoffe untereinander gestaltet sich jedoch im praktischen Leben etwas anders. So ist es bisher noch nicht möglich gewesen, den Menschen durch alleinige Eiweißzufuhr zu erhalten, wie es bei ausschließlichem Genuß von magerem Fleisch geschehen würde. Ein nicht arbeitender Mensch müßte dazu täglich über 5 Pfd. mageren Fleisches essen, die er dauernd überhaupt nicht zu kauen vermöchte. Die nach Aufnahme von 80 g Eiweiß (die als Gewebsbildner nötig sind) für den ruhenden Menschen noch nötigen 2290 Wärmekalorien können ebensowenig allein durch Fett gedeckt werden, da dazu 1/2 Pfd. reines Fett nötig wäre. So große Fettmengen würden uns auf die Dauer widerstehen, ganz abgesehen davon, daß der Darm des Menschen in 24 Stunden nur 100—200 g Fett in den Körper aufnehmen kann (man sieht die große individuelle Schwankung). Am ehesten wird man die nach Einnahme von 80 g Eiweiß noch nötigen 2290 Kal. durch Kohlehydrate decken können. Ganz rein finden sich Kohlehydrate bei unseren Nahrungsmitteln nur im Zucker, und es dürfte nicht gut möglich sein, neben 80 g Eiweiß über 1 Pfd. Zucker zu genießen. Auch wird man nicht gut täglich 5—6 Pfd. Kartoffeln, die gleichzeitig die nötige Eiweißmenge enthalten, auf die Dauer ohne jeden Fettzusatz essen können, dagegen ist es wohl möglich, längere Zeit hindurch täglich 3 Pfd. trockenen Brotes zu genießen, womit man den nötigen Eiweißbedarf (zwecks Gewebsbildung) und Kohlehydrate mit 2290 Kal. Brennwert zu sich nähme. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei ausschließlicher Ernährung mit etwa 900 g Reis, während im Mais (800 g) schon größere Mengen Fett enthalten sind. Selbstverständlich kann bei derartiger Ernährung (weniger bei Reis- und Maisernährung) nur von einem kümmerlichen Fristen des Lebens die Rede sein, dies um so mehr, da wir stets nur den Nahrungsbedarf des nicht arbeitenden Menschen von 70 kg Gewicht angenommen haben. Er verbraucht die 2620 Kal. für die zum Leben notwendigen Arbeitsleistungen, wie Atembewegungen, Arbeit des Herzens und der Arterien beim Blutkreislauf, Arbeit der Zellen bei der Verdauung und Aufnahme der Nahrungsstoffe in den Körper und die verschiedenen Gewebe, sowie bei den nötigen Ausscheidungen. Der Energieverbrauch erhöht sich schon bei mittlerer Arbeit auf etwa 3100 Kal., bei schwerer Arbeit auf 3650 Kal. und kann bei ganz schwerer Arbeit auf mehr als 5000 Kal. steigen, wobei Gewaltdauerleistungen noch nicht in Betracht gezogen sind. Solche Kalorienmengen lassen sich immer schwerer durch einseitige Ernährung decken. Ferner erregt die Eintönigkeit der Kost, wie wir sie eben vorgeführt haben, leicht Widerwillen und Appetitlosigkeit, ja, durch Gärungsvorgänge im Darm sogar Darmbeschwerden, wodurch die Ausnutzbarkeit der Nahrungsstoffe vermindert wird. Einzelne Menschen nützen auch die Nahrung ohne ersichtlichen Grund weniger gut aus. So kann es kommen, daß eine derartige Kost längere Zeit hindurch den ausgegebenen Kräften nicht gleichkommt. Der Körper muß aber jeden Energieverbrauch, der über den Brennwert der aufgenommenen Nährstoffe hinausgeht, unweigerlich durch Einschmelzen seines eigenen Gewebes decken. Der Vorzug, man kann sagen, die Notwendigkeit einer aus Eiweiß, Fetten und Kohlehydraten gemischten Nahrung, namentlich bei anstrengender Arbeitsleistung, leuchtet danach von selbst ein. Außerdem würde eine Kost bei Überwiegen von Kohlehydraten und bei Mangel an Fetten die Verdauungswege durch die große Masse unverdaulicher Stoffe unnütz belasten.

C. Die Kalorie als Maß der chemischen Energie und der Brennwert der organischen Nahrungsstoffe.

Es wurde im vorigen Abschnitt mehrfach von Wärmekalorie und Brennwert gesprochen. Diese Begriffe bedürfen noch der näheren Erläuterung. Wir legen dabei das allgemein gültige Naturgesetz von der Erhaltung der Energie zugrunde. Danach kann die in einem Stoffe vorhandene, gebundene Energie wohl verschiedene Formen der Bewegung annehmen, es kann aber kein Teil davon verloren gehen. Diese Energie kann sich in Bewegung von Massen, z. B. im Heben von bestimmten Gewichten um eine bestimmte Höhe, oder in Geräuschen, Lichterscheinungen, Elektrizität oder auch Wärme zeigen. Irgendwie muß jede dieser verschiedenen Formen von Energieäußerung als Wärme wieder erscheinen. Es kommt nur darauf an, ob es möglich ist, die entstehende Wärme in ganzer Menge aufzufangen und zu messen. So erscheint z. B. auch die Energiemenge, die ein Mensch beim Gehen aufwendet, als Wärme wieder vermittels der Reibung, die am Boden oder beim Durchstreifen der Luft oder in Wärmeabgabe durch die Haut entsteht. Man bedient sich als Maßstab für die Menge der Wärme derjenigen Menge, die 1 kg Wasser bei Erhöhung seiner Temperatur um 1° C aufnimmt. Diese Menge nennt man eine Kalorie (Cal.), daneben hat man noch kleine Kalorien (cal.), d. h. die Wärmemenge, die 1 g Wasser bei der Erhöhung seiner Temperatur um 1° C aufnimmt. Wenn einfach von Kalorie gesprochen wird, so ist immer die große Kalorie gemeint. Man hat experimentell festgestellt, daß bei den Spaltungen der Nahrungsstoffe im Körper die gleiche Menge Kalorien gebildet wird, die bei Verbrennung der gleichen Menge des gleichen Stoffes außerhalb des Körpers entstehen würde. So liefert 1 g Fett durchschnittlich 9,5 Kal., 1 g Kohlehydrate durchschnittlich 4,1 Kal. Der Verbrennungswert des Eiweißes beträgt rund 5,8 Kal. Jedoch wird das Eiweiß im Körper nicht vollkommen bis in seine letzten Bestandteile, die schädliche Wirkungen für den Organismus haben würden, zersetzt, sondern nur bis zum Harnstoff, der unschädlich ist. Man muß also von dem Verbrennungswert des Eiweißes den Verbrennungswert des Harnstoffes abziehen. Dann bleiben durchschnittlich 4,1 Kal., die gleiche Menge, die 1 g Eiweiß bei der Zersetzung im Körper liefert.

Da die Energie als mechanische Arbeit oder als Wärme in Erscheinung treten kann, müssen offenbar bestimmte Wärmemengen und mechanische Arbeit in einem immer gleich bleibenden Verhältnis stehen. Als Maß der Kraft, die für eine Arbeitsleistung nötig ist, dient das Kilogrammeter, d. h. die Kraftmenge, die nötig ist, 1 kg um 1 m zu heben, wozu offenbar die gleiche Kraft gehört, die 1 g um 1000 m hebt. Man hat nun durch Experimente gefunden, daß die Energiemenge, die einer Kalorie entspricht, 425 kg um 1 m heben kann. 425 Kilogrammeter (kgm) heißen daher das mechanische Wärmeäquivalent. Man muß dabei aber beachten, daß es im praktischen Leben nicht gelingt, alle Wärme wirklich in mechanische Arbeit umzusetzen. Reibung und andere Hindernisse verbrauchen so viel Energie, daß unsere besten Dampfmaschinen nur 15—18% der erzeugten Wärme in mechanische Arbeit umsetzen. (Die Lokomotiven arbeiten viel ungünstiger.) Die lebende Maschine, unser Körper, arbeitet wesentlich wirtschaftlicher, er setzt etwa 33% der erzeugten Energie in mechanische Arbeit um, während der Rest auch hier als Wärme erscheint, wie durch sehr schwierige Experimente bewiesen ist.

D. Das Kostmaß.

Wenn man die Wärmemenge kennt, die ein Mensch durchschnittlich in 24 Stunden ausscheidet, so kann man daraus berechnen, wieviel Nahrungsstoffe er zu sich nehmen muß. Es ist das offenbar eine viel genauere Feststellung als die aus der Kohlensäureausscheidung, die bei der Atmung erwähnt wurde. Denn bei letzterer bleiben die Energiemengen unberücksichtigt, die bei der Spaltung der Nahrungsstoffe durch Oxydierung anderer Stoffe als des Kohlenstoffes entstehen, wenn man sie auch dem Durchschnittswerte nach kennt und in Rechnung stellen kann. Die Wärmeausscheidung des nicht arbeitenden Menschen bei Zimmerwärme ist auf etwa 2600 Kal. festgestellt worden. Auf jeden Fall müssen zur Deckung dieser Kalorienmengen nach Seite 201 rund 80 g Eiweiß verwandt werden, um die im Lebensprozeß abgebauten Gewebsstoffe zu ersetzen. Man hat die nötige Eiweißmenge durch Bestimmung der vom Hungernden ausgeschiedenen Harnstoff- oder Stickstoffmenge, die aus dem zersetzten Körpereiweiß stammen muß, ermittelt. Man legt besser etwas Eiweiß zu, um bei den Schwankungen in der Ausnutzung der Nahrungsstoffe in keinem Falle Körpereiweiß zusetzen zu müssen. So kommt man auf etwa 100 g Eiweiß. Die noch übrigen Kalorienmengen können durch Fette und Kohlehydrate in verschiedener Zusammensetzung gedeckt werden. Will man die Ernährung weniger voluminös gestalten, so wird man größere Mengen durch Fett decken, das mehr als den doppelten Brennwert der Kohlehydrate besitzt. So gibt v. Ranke 100 g Fett an, wozu dann noch etwa 300 g Kohlehydrate hinzukommen müßten, während R. du Bois-Reymond 60 g Fett und 400 g Kohlehydrate neben 100 g Eiweiß fordert.

Wir können also als Kostmaß für den wenig körperlich arbeitenden Menschen 100 g Eiweiß, 100 g Fett und 300 g Kohlehydrate oder 100 g Eiweiß, 60 g Fett und 400 g Kohlehydrate annehmen. Das bekannte von v. Voit angegebene Kostmaß von 118 g Eiweiß, 56 g Fett und 500 g Kohlehydraten geht darüber um etwa 460 Kal. hinaus. Man kann daher bei dieser Ernährung schon mittlere Arbeit leisten. Bei schwerer und schwerster Arbeit muß man entsprechend zulegen. So werden bei schwerer Arbeit nach Rubner 3650—3675 Kal. verbraucht, die etwa durch 130 g Eiweiß, 80 g Fett und 580 g Kohlehydrate zu decken wären. Bei schwerster Arbeit sind nach Rubner 5000—5500 Kal. nötig, die etwa durch 140 g Eiweiß, 180 g Fett und 760 g Kohlehydrate beschafft werden. Sportleistungen erfordern nach Hueppe noch wesentlich mehr Energiemengen, etwa 7000—8000 Kal. Übertriebene Leistungen, z. B. Sechstagerennen, die allerdings nicht mehr als Sport gelten können, 10 000—11 000 Kal.

Wir legten bei der Feststellung des Kostmaßes ein Körpergewicht von 70 kg zugrunde. Das Nahrungsbedürfnis ist bei geringerem Körpergewicht geringer, bei höherem Körpergewicht größer. Es sinkt bzw. wächst jedoch nicht im gleichen Verhältnis wie das Körpergewicht, da kleinere Körper wegen ihrer relativ größeren Oberfläche größerer Abkühlung unterliegen und daher relativ mehr Nahrungsstoffe gebrauchen. Unter dieser Berücksichtigung hat Rubner folgende Werte berechnet.

Tabelle 7.

Es braucht ein Erwachsener bei mittlerer Arbeit:

Körpergewicht kg	Kal.		Eiweiß g	Fett g	Kohlehydrate g
bei 50	2472,	die gedeckt werden durch	96	44	409
„ 60	2792,	„ „ „ „	106	50	461
„ 70	3094,	„ „ „ „	118	56	500
„ 80	3372,	„ „ „ „	128	61	556

Bei Kindern und jungen Leuten in den Entwicklungsjahren muß man noch die erhöhte Bildung von Körpergeweben in Ansatz bringen.

4. Resorptionsfähigkeit und verschiedene Formen der organischen Nahrungsstoffe.

Die Aufnahme der Nahrungsstoffe in den Körper wird oft mit dem Gesamtnamen „Verdauung" bezeichnet. Das ist nicht ganz richtig. Die Mehrzahl der organischen Nahrungsstoffe kann nicht in der Form in den Körper übergehen, in der sie in den Verdauungskanal aufgenommen wird. Sie muß vielmehr erst dazu vorbereitet werden. Daher muß man bei der Aufnahme der Nahrungsstoffe in den Körper diese Vorbereitung, die Verdauung, streng von der eigentlichen Aufnahme in den Körper, der Resorption, unterscheiden. Der Name „Verdauung" soll daher niemals für den Gesamtvorgang, sondern nur für die Vorbereitung der Nahrungsstoffe gebraucht werden. Die Verdauung geht im Verdauungskanal von der Mundhöhle an bis einschließlich Dickdarm vor sich. Die Resorption der Nahrungsstoffe findet erst nach der Verdauung hauptsächlich im Dünndarm und Dickdarm statt. Danach befinden sich die Nahrungsstoffe, streng genommen, innerhalb des Verdauungskanals noch außerhalb unseres Körpers. Die Darmschleimhaut schließt unseren Körper gewissermaßen ebenso wie die äußere Haut von der umgebenden Welt ab. Die Speisereste, die im Kot den Verdauungskanal verlassen, sind überhaupt nicht in unserem Körper gewesen. Die Verdauungssäfte, Mundspeichel, Magensaft, Galle, Darmsaft, Bauchspeichel, werden bei ihrer Entleerung in den Darm aus dem Körper ausgestoßen, später freilich teilweise wieder resorbiert. Alle Vorgänge, die wir unter dem Begriff „Verdauung" zusammenfassen, geschehen außerhalb unseres Körpers, erst die „Resorption" bedeutet die Aufnahme der Nahrungsstoffe in unseren Körper.

A. Die chemischen Veränderungen des Eiweißes.

Wir nehmen die Eiweißstoffe als natürliches Eiweiß oder als geronnenes Eiweiß zu uns. Das natürliche Eiweiß ist entweder gelöst oder enthält Wasser in mechanischer Mischung. Die Lösung des natürlichen Eiweißes ist aber keine vollkommene Lösung. Man kann das Eiweiß daher durch mechanische Mittel, z. B. durch Filtrieren durch eine Membran von der Flüssigkeit trennen, wobei das Eiweiß zurückbleibt. In gleicher Weise wird das natürliche Eiweiß durch die Darmschleimhaut im Darm zurückgehalten. Das geronnene Eiweiß kann offenbar noch viel weniger resorbiert werden, denn es stellt eine festweiche Masse dar, die im Wasser überhaupt völlig unlöslich ist. Als bekanntestes Beispiel sei die gekochte weiße Masse der Hühnereier angeführt. Das natürliche und das geronnene Eiweiß muß daher durch die Ver-

dauung erst in eine wasserlösliche Form übergeführt werden. Dies geschieht durch sogenannte Fermente, die das natürliche und geronnene Eiweiß in die einfacher zusammengesetzten Peptone spalten. Die Peptone lösen sich im Wasser vollkommen und können daher durch die Darmschleimhaut hindurch resorbiert werden. Ähnlich wird auch der Leimstoff bei der Verdauung in eine lösliche Form übergeführt.

B. Die chemischen Veränderungen der Fette.

Auch die Fette, sowohl die flüssigen als die festen Fette, sind in Wasser unlöslich. Die Fette bestehen aus einer Verbindung von Glyzerin mit einer Fettsäure. Die für die Ernährung in Frage kommenden Fette sind im wesentlichen eine Mischung von drei Fettarten, die durch Verbindung des Glyzerins mit der Stearin-, der Palmitin- und der Ölsäure entstanden sind.

Die Fette werden auf zwei verschiedene Arten zur Resorption tauglich gemacht. 1. Es ist bekannt, daß die Fette durch Kochen mit Natron- oder Kalilauge unter Hinzutritt von Wasser in Glyzerin und ihre Fettsäuren gespalten werden. Das Alkalisalz verbindet sich dabei unter Hinzutritt von Wasser mit der Fettsäure zu Seife. Sowohl das Glyzerin als die Seife sind im Wasser löslich. Das Kochen mit Alkalien wird bei der Verdauung im Dünndarm durch ein Ferment ersetzt, das die Spaltung der Fette in Glyzerin und Fettsäure bewirkt. Das Alkali zur Seifenbildung ist vorhanden. Es ist noch zu bemerken, daß die Seifen nur eine unvollkommene Lösung bilden, worauf bei der Resorption näher eingegangen werden wird. 2. Das Fett kann in Wasser eine Emulsion bilden. Flüssiges Fett wird durch Schütteln mit Wasser in feinste Tröpfchen im ganzen Wasser verteilt, d. h. emulgiert. Das Schütteln wird bei der Verdauung durch Selbstemulsion ersetzt, die auf der Spaltung eines Teiles des Fettes in Fettsäure beruht, hier aber nicht näher erklärt werden kann.

C. Die verschiedenen Arten und chemischen Veränderungen der Kohlehydrate.

Die Kohlehydrate sind Verbindungen, die im Molekül sechs Kohlenstoffatome oder ein Mehrfaches von sechs Kohlenstoffatomen enthalten, daneben Wasserstoff und Sauerstoff im gleichen Verhältnis, in dem sie im Wasser vorkommen. Zu den Kohlehydraten gehören in erster Linie die Zuckerarten, von denen man zwei verschiedene Gruppen, die einwertigen und die zweiwertigen Zuckerarten, unterscheiden kann. Die einwertigen Zuckerarten (Monosaccharide) enthalten die sechs Kohlenstoffatome nebst Wasserstoff und Sauerstoff nur einmal im Molekül, die zweiwertigen Zuckerarten (Disaccharide) zweimal. Die Hauptvertreter der Monosaccharide sind der Traubenzucker und Fruchtzucker, die Vertreter der Disaccharide sind Rohrzucker (Rübenzucker), Milchzucker und Malzzucker. Die Disaccharide zerfallen durch Kochen mit Säuren unter Wasseraufnahme in Monosaccharide. Das gleiche wird bei der Verdauung durch Fermente erreicht. Die Monosaccharide können durch Fermente wieder in Alkohol übergeführt werden. Alle Zuckerarten sind in Wasser löslich.

Zu den in der Nahrung vorkommenden Kohlehydraten gehören außer den Zuckerarten noch die Polysaccharide. Sie enthalten die sechs Kohlenstoffatome nebst Wasserstoff und Sauerstoff mehrfach, jedoch in noch unbekannter Zahl, im Molekül. Die

Polysaccharide sind im Wasser unlöslich. Sie spalten sich durch Kochen mit verdünnten Säuren oder durch Einwirkung von Fermenten wie die Disaccharide unter Wasseraufnahme in Monosaccharide. Zu den Polysacchariden gehört 1. die Stärke, die bei der Verdauung in Traubenzucker gespalten wird, 2. die Zellulose oder Zellstoff, die den Hauptbestandteil der Zellwände aller Pflanzen bildet. Sie ist durch die menschlichen Verdauungssäfte so gut wie gar nicht angreifbar. Die pflanzlichen Nahrungsstoffe sind daher ohne besondere Zubereitung für den menschlichen Organismus schwerer ausnutzbar, da sie in den pflanzlichen Nahrungsmitteln meist in Zellulose eingeschlossen sind. Die beigemischte Zellulose geht auf alle Fälle unverdaut mit dem Kot wieder ab. 3. Zu den Polysacchariden gehört noch das Glykogen oder tierische Stärke. Es kommt in tierischen Nahrungsmitteln, Leber und Muskelfleisch, vor. Seine Hauptbedeutung besteht aber darin, daß es im tierischen bzw. menschlichen Organismus selbst gebildet wird. Der lösliche Zucker würde nämlich bei Überschreiten eines geringen Gehaltes des Blutes an Zucker mit dem Harn ausgeschieden werden. Daher wird der Zucker in der Leber in Glykogen übergeführt und in der Leber, aber auch in den Muskeln als Kraftvorrat für den Bedarfsfall aufgespeichert, worauf S. 216 noch weiter eingegangen werden wird.

Zweiter Abschnitt.

Die Verdauungsorgane.

I. Die Verdauungsorgane und die Verdauung.

Die Verdauungsorgane sind die Mundhöhle, der Schlundkopf, die Speiseröhre, der Magen und der Darm.

A. Die Mundhöhle.

a) Anatomie der Mundhöhle.

Die Mundhöhle besteht aus der eigentlichen Mundhöhle und dem Vorhof. Der Vorhof ist nach außen von den Lippen, seitlich von den Backen, nach innen von den Zahnfortsätzen mit Zähnen begrenzt. Der Vorhof ist mit Ausnahme der Zähne von einer Schleimhaut ausgekleidet. Die Schleimhaut des Oberkiefers und Unterkiefers (das sogenannte Zahnfleisch) geht vermittels je einer Falte in der Mittellinie in die Schleimhaut der Ober- und Unterlippe über. Der zwischen den Kiefern und den Backen gelegene Teil des Vorhofes wird als Backentasche besonders bezeichnet. Hier mündet genau gegenüber dem 2. oberen Backzahn der Ausführungsgang der Ohrspeicheldrüse. Der Boden der eigentlichen Mundhöhle wird von dem Unterkieferzungenbeinmuskel gebildet, die Seitenwände und die Vorderwand durch die Kiefer mit Zahnfortsätzen und Zähnen, das Dach durch den harten und weichen Gaumen. Der weiche Gaumen bildet die Fortsetzung des harten Gaumens nach hinten und liegt zunächst ebenfalls in einer wagerechten Ebene, um dann nach unten umzubiegen. Der senkrechte Teil des weichen Gaumens ist pfortenartig ausgeschnitten. Die beiderseitigen gewölbten Pfosten dieser Pforte, die Gaumenbogen, verbreitern sich nach unten zu in der Sagittalebene und nehmen die Gaumenmandeln wie in einer Nische auf. Die Mundhöhle ist demnach nach dem Nasenrachenraum zu offen. In der Mitte der Öffnung hängt das Zäpfchen herab. (Abb. 144.) Die oberste Schicht der Mundschleimhaut besteht aus geschichtetem Pflasterepithel.

α) Die Zähne. (Abb. 36 u. 38.) Ein Zahn besteht aus der Krone, dem kurzen Hals und einer oder mehreren Wurzeln. Die Krone bildet etwa $^1/_3$, die Wurzel nahezu $^2/_3$ der Länge des Zahnes. Die Hauptmasse des Zahnes besteht aus Zahnbein. An den Wurzelenden befindet sich je eine feine Öffnung, das Wurzelkanälchen, durch das die Nerven- und Blutgefäße in den Zahn eintreten. Das Wurzelkanälchen führt in die Zahnhöhle, die mit der sogenannten Pulpa ausgefüllt ist. Das Zahnbein ist an der Krone vom sogenannten Schmelz, dem härtesten Gewebe des Körpers, an der Wurzel vom Zement überzogen. Man unterscheidet die Milchzähne und die bleibenden Zähne.

Die Milchzähne brechen im Alter von $^1/_2$—2 Jahren durch. Es sind in jeder Kieferhälfte 2 Schneidezähne, 1 Eckzahn und 2 Vorderbackzähne, im ganzen also $4 \times 5 = 20$ Milchzähne.

Der Durchbruch der bleibenden Zähne beginnt zwischen dem 5. und 6. Lebensjahr und zieht sich bis zum 16. Lebensjahr hin, ja, der 3. Backzahn, der sogenannte Weisheitszahn, erscheint oft erst in der Zeit bis zum 30. Lebensjahr oder noch später. Der entsprechende Milchzahn muß sich lockern und schließlich ausfallen, wenn der bleibende Zahn unter ihm zu wachsen beginnt. Das volle bleibende Gebiß besteht in jeder Kieferhälfte aus 2 Schneidezähnen, 1 Eckzahn, 2 Vorderbackzähnen und 3 Backzähnen, also aus $4 \times 8 = 32$ Zähnen.

Die Zähne besorgen die Zerkleinerung der festen Nahrungsmittel und ermöglichen dadurch den Verdauungssäften den Zutritt zu den einzelnen Nahrungsstoffen. Der Ausfall eines ausgiebigen Kauens schädigt daher die Verdauung und damit die kräftige Entwicklung des ganzen Körpers. Die Zähne müssen deshalb durch Kauen fester Speisen geübt und von Speiseresten, deren Zersetzungsprodukte die Zahnmassen angreifen, befreit werden. Besonders muß man die Speisereste aus den Spalten zwischen den Zähnen entfernen. Man soll bei Zahnschmerzen oder den geringsten Anzeichen vom Hohlwerden der Zähne zum Zahnarzt gehen, damit das Übel im Anfang bekämpft und die Zähne erhalten bleiben.

β) Die Zunge. Die Zunge liegt in der eigentlichen Mundhöhle. Ihre Muskelfasern entspringen vom Zungenbein, vom Unterkiefer, sogar vom Griffelfortsatz des Schläfenbeins und verlaufen in den verschiedensten Richtungen. Die Zunge kann daher die vielgestaltigsten Formen annehmen und in allen Richtungen bewegt werden. Der hintere Teil der Zunge heißt Zungenwurzel, der nach vorn spitz zulaufende Teil Zungenspitze. Außerdem spricht man vom Rücken, der unteren Fläche und den Seitenrändern der Zunge. Die Zunge ist völlig von Schleimhaut überzogen. Ihr Rücken und ihre Seitenränder haben sogenannte Papillen, die den Geschmack und die Empfindungen der Zunge vermitteln. An dem Wurzelteil des Zungenrückens finden sich zahlreiche Lymphfollikel, die zusammen mit den Gaumenmandeln und der Rachenmandel einen völlig geschlossenen, lymphatischen Rachenring bilden, der dem Körper schädliche Stoffe fernhalten soll.

γ) Die Speicheldrüsen. Die Mundhöhle hat neben vielen kleinen Schleimdrüsen, die überall auf der Schleimhaut verteilt sind, drei Paare besonderer Speicheldrüsen, die Ohrspeicheldrüsen, die Unterkieferdrüsen und die Unterzungendrüsen.

Der Speichel besteht aus einem Gemisch der Absonderung dieser Drüsen.

b) Die Mundverdauung.

α) Die Mechanik der Mundverdauung. Die Mechanik der Mundverdauung besteht in der Zerkleinerung der Speisen durch das Kauen und der gleichzeitigen Vermischung mit der Speichelflüssigkeit. Dadurch entsteht ein Brei, der unter Mithilfe der Zunge zu einem Bissen von bestimmter Größe geformt und durch den Schlingakt in den Schlundkopf, die Speiseröhre und den Magen befördert wird. Die Menge des abgesonderten Speichels beträgt etwa 600—800 ccm in 24 Stunden.

β) Die Chemie der Mundverdauung. Der Speichel reagiert alkalisch und enthält außer verschiedenen Salzen und anderen Stoffen als wichtigsten Bestandteil das Ptyalin. Das Ptyalin ist ein Ferment, das Stärke in Zucker zu verwandeln vermag, aber nur bei alkalischer Reaktion. Saure Speisen verhindern also die chemische Mundverdauung. Ferner muß die Wirksamkeit des Ptyalins von selbst ihr Ende erreichen, sobald der Speisebrei im Magen gründlich durch den saueren Magensaft durchsetzt worden ist.

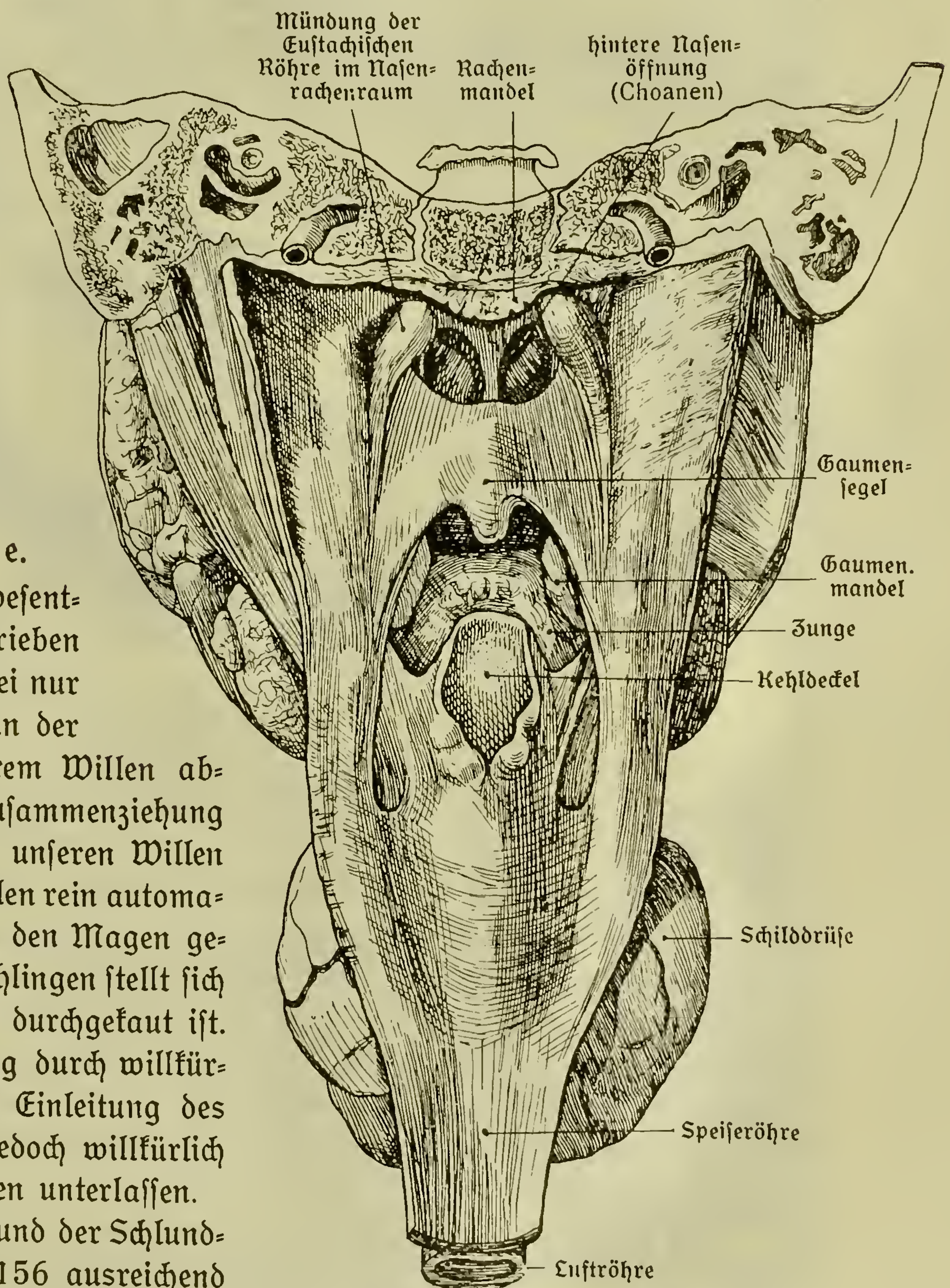


Abb. 144. Der Schlundkopf, von hinten geöffnet. Nasenhöhle, Gaumensegel, Zunge, Kehlkopfeingang, Speiseröhre. 3/4 nat. Größe. (Bardeleben.)

B. Der Schlingakt, der Schlundkopf und die Speiseröhre.

Der Schlingakt ist im wesentlichen schon Seite 155 beschrieben und dort nachzulesen. Hier sei nur noch bemerkt, daß der Beginn der Schlingbewegung von unserem Willen abhängt. Danach verläuft die Zusammenziehung der Schlingmuskulatur ohne unseren Willen und selbst gegen unseren Willen rein automatisch weiter, bis der Bissen in den Magen gelangt ist. Ein Drang zum Schlingen stellt sich ein, sobald der Bissen richtig durchgekaut ist. Wir folgen meist dem Drang durch willkürliche, aber halb unbewußte Einleitung des Schlingaktes, können ihm jedoch willkürlich widerstehen und das Schlingen unterlassen.

Der Nasenrachenraum und der Schlundkopf sind auf Seite 155 u. 156 ausreichend beschrieben.

Die Speiseröhre ist eine häutige,

weiche Röhre, deren Lichtung im Gegensatz zur Luftröhre platt gedrückt ist und erst durch den Bissen entfaltet wird. Die Speiseröhre hat in ihren Wandungen zahlreiche glatte Muskelfasern, die sich beim Schlingakt zusammenziehen. Die Zusammenziehung beginnt oben und schreitet allmählich nach unten fort und schiebt so den Bissen gewissermaßen vor sich her. Die Speiseröhre ist innen wie der Nasenrachenraum und der Schlundkopf von Schleimhaut mit geschichtetem Pflasterepithel ausgekleidet. Sie durchzieht die Brusthöhle in der Seite 150 beschriebenen Lage, tritt durch das Zwerchfell in die Bauchhöhle und mündet unmitttelbar nach ihrem Durchtritt in den Magen.

C. Der Magen.

a) Anatomie des Magens.

Der Magen ähnelt der Gestalt des zunehmenden Mondes und ist schräg von oben links nach unten rechts gestellt. (Abb. 145.) Man unterscheidet demnach eine kleinere, rechts oben gelegene konkave Krümmung und eine größere, links unten gelegene konvexe Krümmung, die kleine und die große Kurvatur. Die Speiseröhre mündet im oberen linken Drittel der kleinen Kurvatur durch den Magenmund in den Magen. Der Darm schließt sich an der unteren rechten Spitze der halbmondförmigen Sichel an den Magen an. Der Übergang des Magens in den Darm wird durch den Pförtner, einen ringförmigen Muskel aus glatten Muskelfasern, verschlossen. Die obere linke Spitze der Sichel ist stark abgerundet und heißt Magengrund. Die hintere Fläche des Magens ist flach, die vordere etwas gewölbt. Der Magen ist dicht unter dem Zwerchfell, hauptsächlich in der linken Seite der Bauchhöhle gelegen. Er liegt vorn links der vorderen Bauchwand an und wendet sich in der Mittellinie des Körpers mehr nach hinten, um in den Zwölffingerdarm überzugehen. Hier ist der Magen von der Leber bedeckt. Der ungefüllte Magen reicht in der Medianlinie des Körpers etwa bis zur Mitte zwischen Schwertfortsatz und Nabel nach unten, rückt aber in gefülltem Zustande erheblich tiefer, wie denn Größe und Gestalt überhaupt in weiten Grenzen vom Füllungszustand abhängig sind.

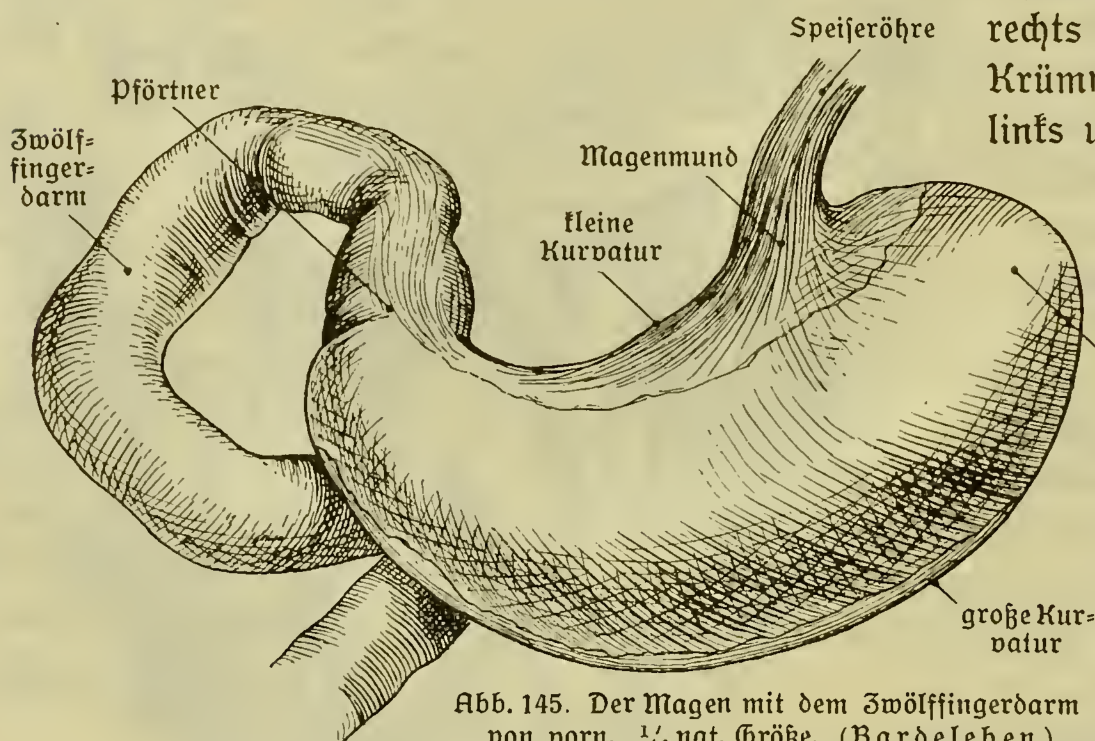


Abb. 145. Der Magen mit dem Zwölffingerdarm von vorn. $1/4$ nat. Größe. (Bardeleben.)

Die Magenwand besteht aus drei Schichten, der Schleimhaut, der Muskelschicht und der Außenschicht, die vom Bauchfell gebildet wird. Die Muskelschicht besteht aus glatten Muskelzellen, die in Längs- und Ringfasern angeordnet und natürlich dem Willen nicht unterworfen sind.

Die Schleimhaut des Magens ist von einem einfachen Zylinderepithel bedeckt und enthält zahlreiche Drüsen, die den Magensaft absondern. Die Menge des Magensaftes beträgt etwa 4 l in 24 Stunden. Die Menge und die Zusammensetzung des Magensaftes schwankt nach der Zusammensetzung der Nahrung und wird reflektorisch vom Nervensystem geregelt.

b) Die Magenverdauung.

α) Die mechanische Magenverdauung. Der Speisebrei verweilt längere Zeit im Magen, 1 — 6 Stunden, je nach der Zusammensetzung der Nahrung. Er wird durch die Zusammenziehung der Magenmuskulatur dauernd im Magen hin und her gewälzt, mit dem Magensaft gründlich vermischt und dadurch bei der Menge des abgesonderten Magensaftes erheblich dünnflüssiger. Die Bewegungen im unteren Teil des Magens sind peristaltisch, wie die Bewegungen der Speiseröhre, und schieben den Mageninhalt nach genügender Verdauung vor sich her gegen den Pförtner, der sich von Zeit zu Zeit öffnet, um einen Teil des Mageninhaltes in den Darm zu lassen. Alle Bewegungen werden dem Stand der Verdauung und der Zusammensetzung der Nahrung entsprechend reflektorisch vom Nervensystem geordnet.

β) Die chemische Magenverdauung. Der Magensaft enthält als wichtigste Bestandteile Salzsäure bis etwa 0,3 %, Labferment und Pepsin. Die Salzsäure bringt Eiweiß zur Gerinnung und vermag das geronnene Eiweiß in Pepton zu verwandeln. Diese zweite Wirkung geht aber viel zu langsam vor sich. Trotzdem ist die Salzsäure von großer Bedeutung für die Peptonisierung des Eiweißes. Denn das Pepsin, ein Ferment, das Eiweiß ausgiebig in Peptone überführt, kann nur in Gegenwart von Säure wirken. Die Selbstverdauung des Magens wird dadurch verhindert, daß die Säure und das Pepsin von verschiedenen Zellen abgesondert und das Pepsin erst in den obersten Schichten der Magenschleimhaut gebildet wird. Auch die Gerinnung des Eiweißes wird nicht allein von der Salzsäure, sondern auch durch ein besonderes Ferment, das Labferment, bewirkt.

D. Der Dünndarm.

a) Anatomie des Dünndarmes.

Der Speisebrei gelangt vom Magen in den Darm. Der obere Teil des Darmes wird Dünndarm, der untere Teil Dickdarm genannt. Der Anfangsteil des Dünndarmes wird als Zwölffingerdarm besonders bezeichnet, weil seine Länge der Breite von 12 Fingern entsprechen soll. (Abb. 145.) Der Zwölffingerdarm geht vom Pförtner aus zunächst nach hinten, biegt dann nach unten um und bildet ein Hufeisen mit der Konvexität nach rechts, wobei er fast in seiner ganzen Ausdehnung der hinteren Bauchwand anliegt und vorn von der Leber überlagert wird. In der Konkavität des Hufeisens liegt der verdickte, 7—8 cm breite Kopf der Bauchspeicheldrüse, die sich von dort aus etwa wagerecht hinter dem Magen, durchschnittlich 15 cm lang nach links erstreckt und sich dabei immer mehr verjüngt. Der Anfangsteil des Zwölffingerdarmes nimmt hinten den Ausführungsgang der Bauchspeicheldrüse und den Gallengang meist vermittels eines gemeinsamen Endstückes auf.

Die Länge des übrigen Dünndarmes schwankt recht erheblich, man wird als Mittel

6—8 m Länge annehmen können. (Abb. 146 u. 147.) Der Dünndarm wird nochmals in Leerdarm und Krummdarm eingeteilt, die jedoch keine eingreifenden Unterschiede zeigen. Der Dünndarm ist durch eine Bauchfellfalte, das Gekröse, an der Wirbelsäule aufgehängt. Das Gekröse setzt an einer schrägen, vom 2. Lendenwirbelkörper nach links unten zum Hüftkreuzbeingelenk verlaufenden Linie an. Die Wand des Dünndarmes besteht wie die Wand des Magens aus der Schleimhaut, der Muskelschicht und der Außenschicht, die vom Bauchfell gebildet wird. Die Schleimhaut ist von einem einfachen Zylinderepithel bedeckt und enthält eine große Zahl Schleimdrüsen, die etwa $1\frac{1}{2}$ l Darmsaft in 24 Stunden absondern. Die Schleimhautoberfläche des Dünndarms besitzt zahlreiche, gegen 4 Millionen, mit bloßem Auge gerade noch erkennbare Zotten, die einen Lymphraum und Blutgefäße enthalten. Man findet ferner in der Schleimhaut zahlreiche Haufen von Lymphfollikeln und zahlreiche Ringfalten, die zwecks ausgiebigerer Resorption die Oberfläche der Schleimhaut vergrößern. Die Muskelschicht besteht aus ringförmigen und längs angeordneten glatten Muskelfasern.

Schwertfortsatz (Brustbein)
Leber
Magen
Gallenblase
Netz
aufsteigender Grimmdarm
absteigender Grimmdarm
Blinddarm
Krummdarm

Abb. 146. Die Baucheingeweide in der natürlichen Lage, nach Eröffnung der Bauchhöhle. $\frac{1}{4}$ nat. Größe. (Bardeleben.)

b) Die Dünndarmverdauung.

α) Die mechanische Tätigkeit des Dünndarmes. Die Bewegungen des Darmes bezwecken erstens ein Durchschütteln, sodann ein Vorwärtsschieben des Darminhaltes nach dem After zu. Das Durchschütteln des Darminhaltes geschieht durch gleichmäßig wechselndes Zusammenziehen der Ringmuskulatur an verschiedenen Stellen des Darmes, das Vorwärtsschieben durch die zeitweise gleichzeitig auftretenden „peri-

staltischen Bewegungen", die in einem vom Magen nach dem Darm zu fortschreitenden Zusammenziehen der Darmmuskulatur bestehen. Das Durchschütteln bewirkt einmal eine innige Mischung des Speisebreies mit den Verdauungssäften, bringt zweitens den Speisebrei in immer wechselnde Berührung mit der Darmwand und fördert so die Resorption. Die Mischung und Resorption wird besonders ausgiebig, da der Inhalt des Dünndarmes stets nur sehr gering ist und daher zwecks Mischung gründlich hin und her geschüttelt und zwecks Resorption in dünner Schicht gewissermaßen ausgestrichen wird. Die peristaltischen Bewegungen treiben den Speisebrei durch den Dünndarm hindurch, so daß er sich dort nur 3—4 Stunden aufhält.

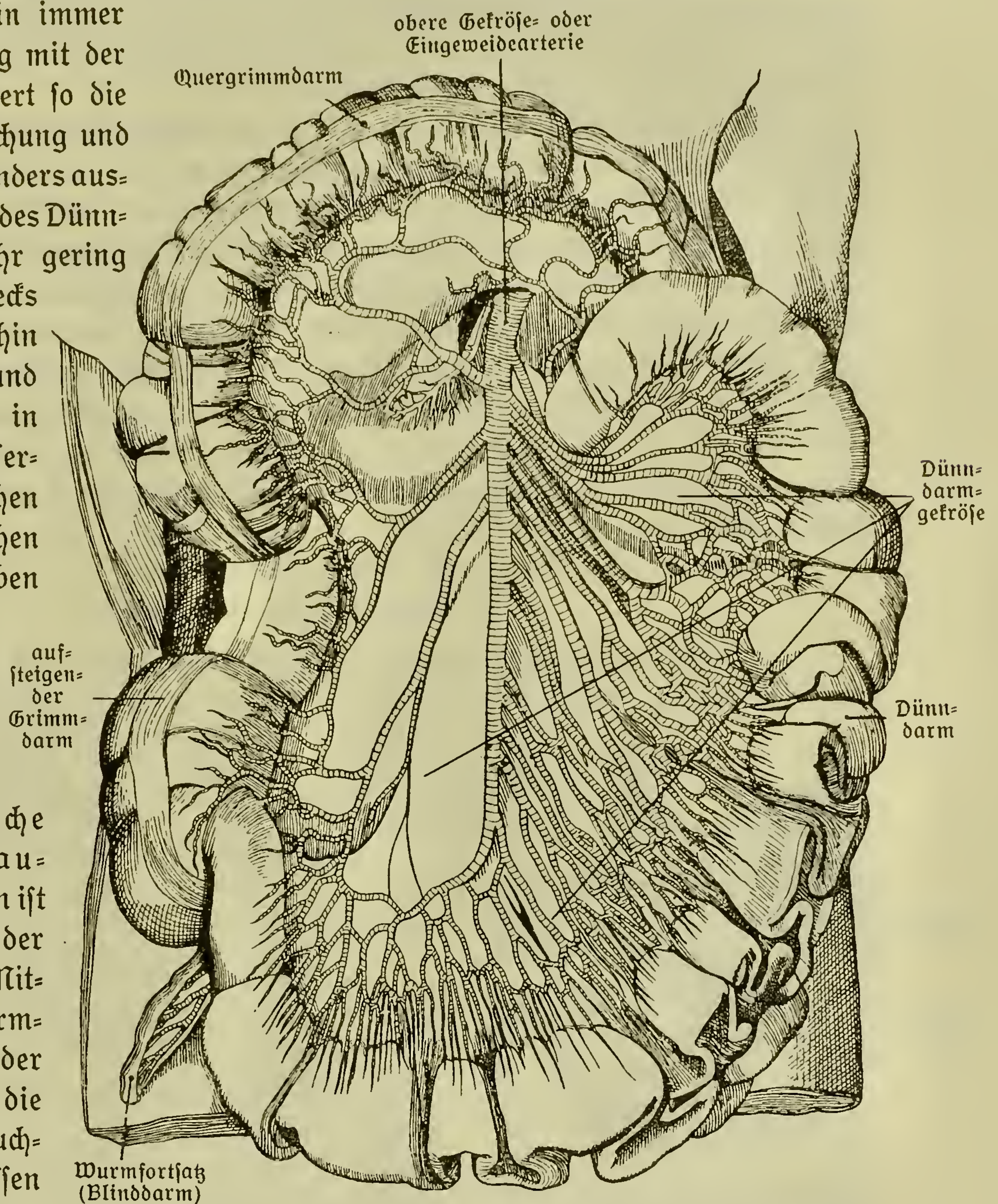


Abb. 147. Teil des Dünndarmes und Dickdarmes mit Gekröse und der oberen Gekrösearterie. $^{3}/_{10}$ nat. Größe. (Bardeleben.)

β) Die chemische Dünndarmverdauung. Der Dünndarm ist der wichtigste Ort der Verdauung. Im Mittelpunkt der Dünndarmverdauung steht der Bauchspeichel, die Absonderung der Bauchspeicheldrüse, dessen Menge etwa 150 g in 24 Stunden beträgt. Der Bauchspeichel enthält drei Fermente, die Bauchspeicheldiastase, das Trypsin und das Steapsin. Die Bauchspeicheldiastase entspricht völlig dem Ptyalin des Mundspeichels und verwandelt Stärke in Zucker, hat aber größere Bedeutung in der Kohlehydratverdauung als jenes, da sie längere Zeit und in größerer Menge abgesondert wird und längere Zeit wirken kann. Das Trypsin führt wie das Pepsin des Magensaftes Eiweißkörper in das lösliche Pepton über. Der Unterschied gegenüber dem Pepsin besteht darin, daß es seine Wirksamkeit nur bei alkalischer Reaktion ausüben kann. Der Bauchspeichel selbst ist alkalisch, und der Speisebrei wird durch den Darmsaft, die

Absonderung der Schleimdrüsen der Darmschleimhaut, allmählich alkalisiert. Das Steapsin vermag Fette in Glyzerin und Fettsäure zu spalten. Dabei wird gleichzeitig, wie schon erwähnt, das übrige Fett emulgiert. Das Steapsin ist darum so wichtig, weil es das einzige Ferment des menschlichen Körpers für die Fettspaltung ist, bei dessen Ausfall Fettverdauung unmöglich wird, während Bauchspeicheldiastase und Trypsin durch Ptyalin und Pepsin ersetzt werden können.

Neben dem Bauchspeichel ist die Galle von Wichtigkeit. Die fettspaltende Wirkung des Steapsins wird durch die Gegenwart der Galle bis auf das Doppelte vermehrt. Das Wesen dieser Gallenwirkung ist nicht völlig bekannt. Vielleicht beruht sie auf der schnellen Neutralisierung der Magensäure, in deren Gegenwart ja das Steapsin nicht wirken kann. Jedenfalls leidet die Fettverdauung bei Fehlen der Galle erheblich. Die Galle wird von der Leber abgesondert, und zwar etwa $^1/_2$ l in 24 Stunden. So groß die Bedeutung der Galle für die Verdauung auch ist, kann doch die Gallenabsonderung nicht als Haupttätigkeit der Leber gelten. Dazu würde eine wesentlich kleinere Drüse genügen. Die Leber hat vielmehr noch zwei andere wichtige Aufgaben, nämlich die Abbauprodukte des Eiweißes unschädlich zu machen und Kohlehydrate als Kraftquelle für den Körper aufzuspeichern.

E. Der Dickdarm.

a) Anatomie des Dickdarms.

Der Dickdarm beginnt in der rechten Darmbeingrube mit einem Blindsack, der als Blinddarm bezeichnet wird. Der Blinddarm nimmt von links her den Dünndarm zwischen einer von der Ringmuskulatur gebildeten Falte auf. Diese Falte, die Blinddarmklappe, umgibt die Einmündungsstelle wie zwei Lippen, die den Dünndarminhalt jederzeit hindurchtreten lassen, ein Zurücktreten des Dickdarminhaltes in den Dünndarm aber in der Regel verhindern. (Abb. 148.) Der Blinddarm besitzt einen regenwurmförmigen Fortsatz, den Wurmfortsatz, der der eigentliche Sitz der Blinddarmentzündung ist. Der Blinddarm geht nach oben zu ohne besondere Grenze in den übrigen Dickdarm über, der weiter aus dem Grimmdarm und dem Mastdarm besteht. Der Grimmdarm (Abb. 146 u. 147) rahmt den in vielen Krümmungen verlaufenden Dünndarm von rechts, oben und links ein und besteht demnach aus dem aufsteigenden, dem queren und dem absteigenden Grimmdarm. Der quere Grimmdarm verläuft etwa in Nabelhöhe und liegt, nur durch das Netz getrennt, der vorderen Bauchwand an. Der absteigende Grimmdarm führt vom Ende des queren Grimmdarmes bis in die linke Darmbeingrube nach abwärts und ist mit dem Mastdarm durch ein S-förmiges Schaltstück verbunden. Der Mastdarm liegt hinten im kleinen Becken in der Aushöhlung des Kreuzbeines und endet im After, der den Beckenboden durchbricht und den Darm nach außen führt. Der After ist durch zwei ringförmige Schließmuskeln verschlossen, von denen der eine aus glatten Muskelfasern besteht und dem Willen nicht unterworfen ist,

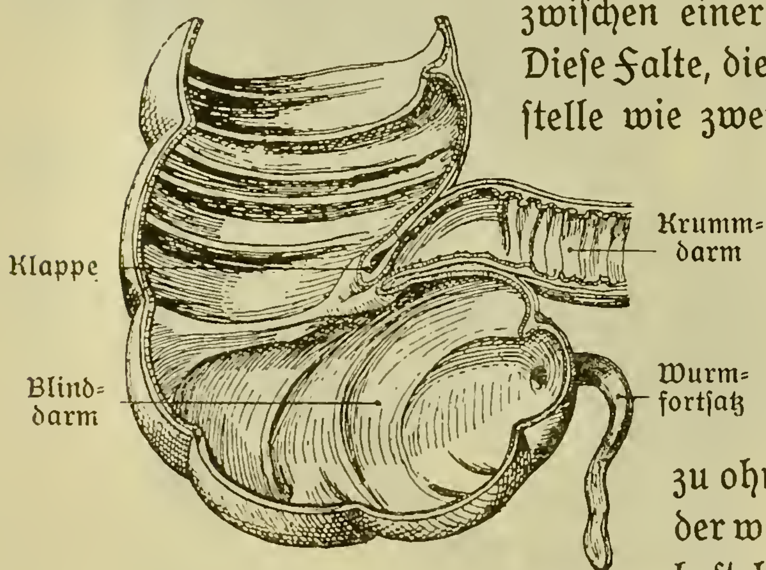


Abb. 148. Blinddarm, im ausgedehnten Zustande, senkrecht aufgeschnitten, von vorn. $^1/_3$ nat. Größe. (Bardeleben.)

während der andere aus quergestreiften Muskelfasern besteht und willkürlich zusammengezogen werden kann. Die Wand des Dickdarmes ist ebenfalls aus Schleimhaut, Muskelschicht und der vom Bauchfellüberzug gebildeten Außenschicht zusammengesetzt. Die Schleimhaut ist mit einfachem Zylinderepithel bedeckt und besitzt Schleimdrüsen und einige Lymphfollikel, aber keine Zotten und keine größeren Haufen von Lymphfollikeln.

b) Die Dickdarmverdauung.

α) Die mechanische Tätigkeit des Dickdarmes unterscheidet sich nicht wesentlich von der des Dünndarmes. Nur geht die Vorwärtsbewegung des Inhaltes sehr viel langsamer vor sich, was bei der größeren Festigkeit der Massen erklärlich ist. Dabei treten wohl mehr die Längsfasern der Muskulatur in Tätigkeit, die drei bandartige, auch äußerlich sichtbare, beim Dünndarm fehlende Verdickungen bilden. Sie streifen den Darm gewissermaßen über den Inhalt herauf. Der Darminhalt verweilt im Dickdarm etwa 1—1½ Tag, also wesentlich länger als im Dünndarm. Die nicht ausnutzbaren Stoffe werden im Mastdarm, ähnlich wie der Harn in der Blase, angesammelt und dann von Zeit zu Zeit als Kot entleert.

β) Die chemische Dickdarmverdauung tritt in ihrer Bedeutung hinter der des Dünndarmes bei weitem zurück. Die in den Dünndarm ergossenen Verdauungssäfte wirken noch weiter, und die durch die verschiedensten Bakterien hervorgerufene Fäulnis des Eiweißes tritt stärker hervor.

2. Die Resorption der Nahrungsstoffe.

A. Anteil der einzelnen Verdauungsorgane an der Resorption.

Verdauung und Resorption verlaufen gleichzeitig, insofern die zuerst verdauten Nahrungsstoffe bereits resorbiert werden, während andere noch verdaut werden. Die Mundhöhle und noch mehr der Schlundkopf und die Speiseröhre kommen für die Resorption so gut wie gar nicht in Betracht, da die Speisen zu kurze Zeit in ihnen verweilen. Auch der Magen kann nur wenig resorbieren, da erst geringe Mengen der Nahrungsstoffe verdaut sind. Außerdem sondert der Magen so große Mengen Magensaft ab, daß eine Aufnahme in der dem Sekretionsdruck entgegengesetzten Richtung erschwert ist. Im Mittelpunkt der Resorption steht ebenfalls der Dünndarm. Die Dünndarmzotten sollen nach v. Ranke den flüssigen Darminhalt auffsaugen. Sie ziehen sich zusammen, pressen den Inhalt des Lymphraumes in die abführenden Lymphgefäße aus und werden nach Erschlaffung, zusammen mit ihrem zentralen Lymphraum, durch das einströmende Blut wieder entfaltet. Der entstehende Hohlraum saugt dann durch die im Epithel der Zotten vorhandenen Poren Darminhalt, im besonderen auch emulgiertes Fett auf. Die Lösungen der Kohlehydrate und Peptone diffundieren durch die Wandungen der Zottenkapillaren hindurch in das Blut, so daß sie ihren Weg durch die Pfortader in die Leber nehmen, während das Fett zum größten Teil durch die Lymphgefäße in den Milchbrustgang und weiter in die obere Hohlvene gelangt. Die gelösten Nahrungsstoffe gelangen dabei zum Teil durch einfache Diffusion, zum Teil durch eine besondere Aufnahmefähigkeit des lebenden Protoplasmas in das Blut. Die bei der Protoplasmatätigkeit wirkenden physikalischen Kräfte sind noch nicht aufgeklärt. Jedenfalls müssen diese Kräfte den osmotischen Druck, der an sich einen Austritt von Flüssig-

keit in die Darmhöhle bewirken würde, überwinden. Das Wesen des osmotischen Druckes kann hier nicht auseinandergesetzt werden. Fünf Sechstel der organischen Nahrungsstoffe werden wohl sicher im Dünndarm resorbiert, der kleine Rest, soweit er überhaupt ausgenützt wird, zum größten Teil im Dickdarm. Der Dickdarm resorbiert außerdem das durch die reichliche Absonderung von Verdauungssäften im Darminhalt vorhandene Wasser und dickt die Kotmassen ein.

Die Resorption wird abgeschlossen durch die überaus wichtige Fähigkeit der Schleimhautepithelzellen des Darmes, 1. die Peptone vor Eintritt in die Blutbahn wieder in Eiweiß zu verwandeln, 2. die Fette aus Seife und Glyzerin wieder aufzubauen. Daher findet man im Blut der Pfortader niemals Peptone, die ja auch sofort wieder aus dem Körper ausgeschieden würden. Auch Seife kommt niemals im Blut vor, selbst verfütterte Seife wird von den Epithelzellen des Darmes in Fett verwandelt.

B. Der weitere Verbleib der Nahrungsstoffe im Körper.

Die Fette und Kohlehydrate werden, soweit sie nicht sofort zur Krafterzeugung verbrannt werden, für späteren Verbrauch aufgestapelt. Die Fette lagern sich besonders unter der Haut und in der Bauchhöhle ab, die Kohlehydrate werden in der Leber festgehalten und von den Leberzellen in das unlösliche Glykogen übergeführt, um im Bedarfsfalle wieder in Zucker verwandelt zu werden. Auch die Muskeln scheinen geringe Mengen von Glykogen als örtlichen Vorrat bilden zu können. Die Glykogenbildung der Leber ist bei der Zuckerkrankheit verringert oder fast völlig aufgehoben. Der lösliche Zucker kreist dann im Blut und wird bis auf geringe Mengen, die das Blut in Lösung festzuhalten vermag, durch die Nieren ausgeschieden. Die Zuckerkrankheit entsteht bei Erkrankung des nervösen Regulierungszentrums im verlängerten Rückenmark oder bei Erkrankung der Bauchspeicheldrüse, deren „innere Absonderungen" die Leber zur Glykogenbildung befähigen. Schädliche Zersetzungsprodukte des Eiweißes, die aus dem Darm in das Blut aufgenommen werden, gelangen ebenfalls durch die Pfortader in die Leber und werden in den unschädlichen Harnstoff verwandelt.

Das Eiweiß der Nahrung dient in erster Linie zum Ersatz des abgebauten Körpereiweißes. Es kann aber auch bei überschüssiger Aufnahme oxydiert oder vom Körper in Fette und Kohlehydrate verwandelt und aufgespeichert werden. Die Abbauprodukte des verbrauchten Körpereiweißes werden ebenfalls von der Leber in Harnstoff verwandelt und dann von den Nieren im Harn ausgeschieden. Dadurch wird der Körper im besonderen vor der giftigen Wirkung des Ammoniaks, des Endproduktes des Eiweißzerfalles, geschützt, das von der Leber wieder zu Harnstoff aufgebaut wird. Der beim Eiweißzerfall freiwerdende Schwefel und Phosphor erscheinen als schädliche Schwefel- und Phosphorsäure, die sich mit dem Kalium, Kalzium, Magnesium der eingeführten Salze zu unschädlichen Salzen verbinden und im Harn ausgeschieden werden.

Der Kohlenstoff der Nahrungsstoffe wird, wie bekannt, zu Kraft- und Wärmezwecken oxydiert und durch die Lunge als Kohlensäure ausgeschieden.

Die Salze erleichtern den Übertritt der Nahrungsstoffe in die Gewebe und dienen selbst zum Aufbau von Körpergeweben, namentlich von Knochen. Die Bedeutung des Wassers ist bereits mehrfach erwähnt und wird uns noch beim Harn und Schweiß beschäftigen.

C. Die Leber und die Bauchspeicheldrüse.

a) Die Leber.

α) Anatomie der Leber. (Abb. 146, 149 u. 150.) Die Leber wiegt $1^1/_2$ kg und ist damit die größte Drüse des menschlichen Körpers. Sie liegt zum größten Teile in der rechten Körperseite, reicht aber über die Mittellinie hinaus. Die Grundfläche der Leber liegt nicht wagerecht, sondern in einer schrägen, von rechts unten nach links oben verlaufenden Ebene. Sie hat viereckige Form und ist rechts breiter als links. Über dieser Grundfläche wölbt sich eine unregelmäßig gestaltete Kuppel, deren größte Entfernung von der Grundfläche nach der rechten Körperseite zu verschoben ist. Die Leber hat demnach von vorn oder hinten oder, was dasselbe sagen will, auf einem Frontalschnitt betrachtet, die Form eines rechtwinkligen Dreieckes, dessen stark abgerundeter rechter Winkel in der rechten Körperseite oben liegt, dessen Hypotenuse von rechts unten nach links oben, dessen größere Kathete oben wagerecht und dessen kleinere Kathete rechts senkrecht verläuft. Die Grundfläche wird als untere Fläche, die Kuppel als obere Fläche der Leber bezeichnet. Beide Flächen stoßen in einem vorderen und einem hinteren Rande zusammen. Der vordere Rand ist scharf, was um so mehr hervortritt, als die untere Fläche nicht völlig eben, sondern nach oben ausgehöhlt ist. Der hintere Rand ist abgerundet und zeigt, entsprechend den Wirbelkörpern und der unteren Hohlvene, einen abgerundeten Einschnitt. Die Leber ist durch das Kronenband und das Aufhängeband an der unteren Fläche des Zwerchfelles befestigt. Das Kronenband setzt sich längs der ganzen Höhe der oberen Leberfläche an. Das Aufhängeband verläuft senkrecht dazu und umfaßt die Leber in der Medianebene des Körpers von oben her. An der unteren Fläche der Leber liegt die Leberpforte, wo die Leberarterie, die Pfortader und der Lebergallengang ein- und austreten. Daneben liegt, ebenfalls an der unteren Fläche der Leber, die Gallenblase, mit dem Lebergallengang durch den Gallenblasengang verbunden, und überragt den vorderen Leberrand nur wenig. Die Farbe der Leber ist dunkelbraunviolett. Sie besteht aus kleinen Läpp-

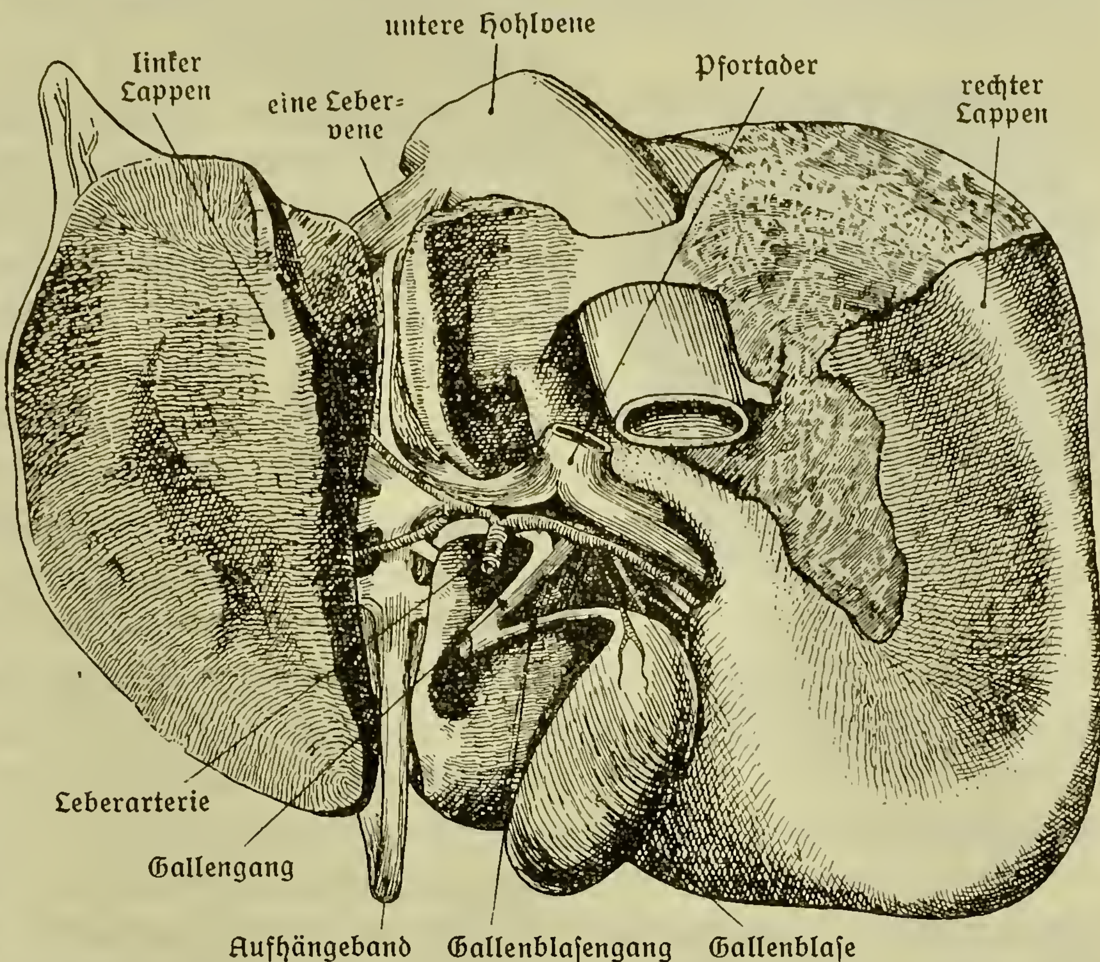


Abb. 149. Die Leber, untere Fläche. Die Leberpforte mit den Gefäßen, den Gallengängen und der Gallenblase. $^1/_2$ nat. Größe (Bardeleben.)

chen von $1\frac{1}{2}$—2 mm Durchmesser, die auf dem Längsschnitt rechteckig, auf dem Querschnitt regelmäßig vieleckig erscheinen. Diese Leberläppchen sind nur unvollständig voneinander abgegrenzt. Jedes Läppchen wird von Zweigen der Pfortader, den Zwischenvenen, gewissermaßen umrahmt. Die Zwischenvenen lösen sich in das Läppchen hinein in Kapillaren auf, die sich wieder zu einer Vene, der in der Achse des Leberläppchens verlaufenden Zentralvene, sammeln. Die Zentralvenen der verschiedenen Leberläppchen sammeln sich allmählich zu den Lebervenen, die an der Rückseite der Leber unmittelbar in die untere Hohlvene münden. Unabhängig davon entstehen innerhalb der Leberläppchen noch eine andere Art von Kapillaren, die Gallenkapillaren, die sich zu immer größeren Gallengängen vereinigen, um schließlich in dem Lebergallengang zusammenzufließen. Die Leberläppchen sind mit zahlreichen Drüsenzellen, den Leberzellen gefüllt, die Träger der eigentlichen Lebenstätigkeit der Leber sind und sich unmittelbar mit den verschiedenen Kapillaren berühren. Die einzelnen Teile sind durch Bindegewebe zusammengehalten. Die im Verhältnis zur Größe der Leber nur kleine Leberarterie versorgt im wesentlichen nur das Bindegewebsgerüst.

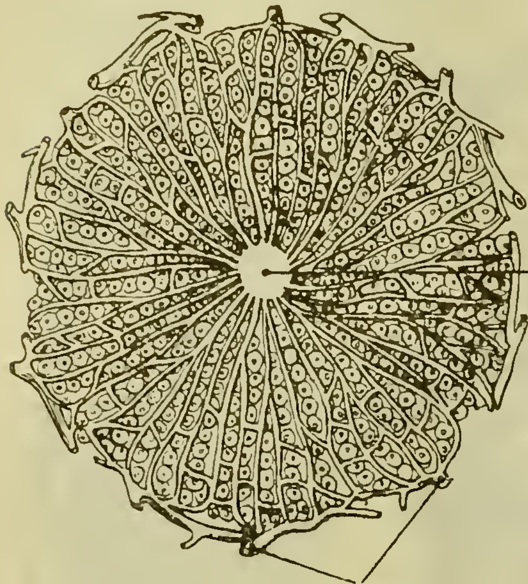


Abb. 150. Schematischer Durchschnitt eines Leberläppchens. 25 mal vergrößert. (Bardeleben.)

β) Die Bedeutung der Leber ist schon in früheren Abschnitten besprochen worden. Die verschiedene Tätigkeit sei hier nur noch einmal kurz zusammengefaßt.

1. Die Leber sondert als Verdauungsdrüse die Galle ab. 2. Die Leber verwandelt Kohlehydrate in Glykogen und speichert es als Kraftvorrat des Körpers auf. 3. Die Leber führt aus dem Darm resorbierte, schädliche Eiweißfäulnisprodukte und Abbauprodukte des Körpereiweißes in den unschädlichen Harnstoff über, der dann durch die Nieren ausgeschieden wird. 4. Die Leber löst nicht mehr lebensfähige rote Blutkörperchen auf und verwendet ihr Material mit zur Bildung der Galle (s. S. 172).

b) Die Bauchspeicheldrüse.

Die Bauchspeicheldrüse besteht aus einem verdickten rechten Ende, dem Kopf, der sich nach links hin in den Körper und den dünner werdenden Schwanz fortsetzt. (Abb. 113.) Sie ist etwa 16 cm lang, 3 cm dick und der Kopf 9, der Schwanz 3 cm breit. Die ganze Drüse wird in der Längsachse von dem Ausführungsgang durchzogen, der die Ausführungsgänge der einzelnen Drüsenteile aufnimmt und selbst, wie Seite 211 beschrieben, mit dem Gallengang gemeinsam in den Zwölffingerdarm mündet. Der Kopf der Bauchspeicheldrüse liegt in der Konkavität der hufeisenförmigen Biegung des Zwölffingerdarmes. Der Körper und Schwanz erstrecken sich in Höhe des 1. Lendenwirbels an der hinteren Bauchwand vor den großen Blutgefäßen nach links und sind vorn vom Magen bedeckt.

Die Bedeutung des Bauchspeichels ist bereits bei der Verdauung besprochen, ebenso die Bedeutung der Bauchspeicheldrüse als Drüse mit „innerer Sekretion" für den Stoffwechsel der Kohlehydrate und die Glykogenbildung.

Dritter Abschnitt.

Die Nahrungsmittel und die Genußmittel.

I. Die Nahrungsmittel.

A. Hunger, Appetit, Durst und die richtige Zusammensetzung der Nahrung.

Die Nahrungsmittel enthalten die verschiedenen Nahrungsstoffe nicht rein, sondern miteinander und mit zum Teil unverdaulichen Stoffen gemischt. Die Aufnahme der nötigen Nahrungsstoffe durch unsere Nahrung regelt sich beim Gesunden rein instinktiv durch die uns innewohnenden Gefühle des Hungers und des Durstes. Das Durstgefühl regelt die Aufnahme des nötigen Wassers. Es läßt sich zwar auf kurze Zeit durch einfaches Benetzen der Mundschleimhaut mit Wasser unterdrücken, macht sich dann aber durch unwiderstehlichen Drang nach Wasser geltend. Dauernder Wassermangel führt zu den schwersten Erscheinungen und schließlich schon nach einigen Tagen zum Tode, da die Wasserabgabe des Körpers zur Ausscheidung von Stoffwechselprodukten notwendig ist. Das Hungergefühl kann länger ertragen werden. Der Mensch zehrt dann von seinem eigenen Körpergewebe. Das Hungergefühl äußert sich zuerst als Appetit, der aber nach ein- bis zweitägiger Nahrungsenthaltung zurücktritt. Bei längerer Nahrungsenthaltung zeigt sich allgemeine Schwäche und abnorme Gemütsstimmung, die nur durch Nahrungsaufnahme behoben werden können. Der Appetit regelt auch die richtige Zusammensetzung der Nahrung. Einseitiger Fett- oder Eiweißgenuß führt allmählich zu schlechterer Ausnützung der Nahrung, wobei ein größerer Teil unverdaut im Kot wieder mit abgeht. Die Verdauungsorgane werden dadurch mehr belastet, um dem Körper doch die nötigen Nahrungsstoffe zuzuführen. Dann entsteht bald ein Widerwillen gegen die betreffende Kost und Appetit auf etwas anderes. Der Appetit richtet sich auch zu verschiedenen Tageszeiten auf ganz bestimmte Nahrungsstoffe. So besteht unsere Morgenkost am ausgiebigsten aus Kohlehydraten, die mittags am geringsten vertreten sind, während der Bedarf an Eiweiß und Fetten besonders mittags und abends gedeckt wird. Doch ist dies nach den verschiedenen Ländern und Gegenden verschieden und wohl mehr von der Gewohnheit als von dem natürlichen Gefühl des Appetites abhängig.

Die Nahrung muß 1. die nötigen Nahrungsstoffe und 2. die Nahrungsstoffe in gut ausnutzbarer, d. h. verdaulicher Form enthalten. Tierische Nahrungsmittel sind Milch, Eier und Fleisch, pflanzliche Nahrungsmittel sind die verschiedenen Zubereitungen der Getreidearten, Weizen, Roggen, Gerste, Hafer, dazu Mais und Reis, oder die Hülsenfrüchte, Linsen, Erbsen, Bohnen, ferner die Kartoffel, Obst und Gemüse.

B. Ernährung mit tierischen Nahrungsmitteln.

Es ist schon oben erwähnt worden, daß wir unser Nahrungsstoffbedürfnis nicht ausschließlich aus tierischen Nahrungsmitteln bestreiten können, weil wir dabei zur Bestreitung unseres Kalorienbedürfnisses noch dauernd Eiweißmengen zu uns nehmen

müssen, nachdem unser Bedürfnis nach Eiweiß als Gewebsbildner schon längst befriedigt ist. Die Milch, bei deren ausschließlicher Aufnahme der Säugling gedeiht, kann nicht als ausschließliches Nahrungsmittel für den Erwachsenen gelten, der etwa 4 l Milch täglich trinken müßte. Etwa 5 Pfd. Fleisch würden, wie schon erwähnt, erst den Nahrungsbedarf des Erwachsenen decken, Eier müßten wir 50 Stück täglich essen. Eine solche Ernährungsweise ist offenbar unmöglich. Wir müssen mehr Kohlehydrate zu uns nehmen, wie sich auch aus den Erörterungen über das Kostmaß ergibt. Die Kohlehydrate werden im wesentlichen durch pflanzliche Nahrungsmittel gedeckt. Es erscheint aber nicht einmal gut, unseren gesamten Eiweißbedarf aus Fleisch zu decken, da dieses eine große Menge Extraktivstoffe enthält, die reizend auf die Körpergewebe, im besonderen auf die Arterienwände wirken und Arterienverhärtung herbeiführen können. Das Fischfleisch enthält weniger Extraktivstoffe und ist ein ausgezeichneter teilweiser Ersatz des Fleisches unserer Schlachttiere. Es hat außerdem den Vorzug des billigen Preises.

C. Der Vegetarismus.

Der strenge Vegetarismus verwirft jede tierische Kost, nicht nur vom getöteten, sondern auch vom lebenden Tier, also auch Milch und Eier. Die rein pflanzliche Ernährung hat nun entschiedene Nachteile. 1. Sie enthält eine große Menge völlig unverdaulicher Stoffe, die nur die Verdauungsorgane belasten und ungenützt mit dem Kot wieder abgehen. Hierzu gehört besonders die Zellulose, die für den Menschen so gut wie unverdaulich ist. 2. Die gewöhnlichen pflanzlichen Nahrungsmittel enthalten verhältnismäßig wenig Fett mit seinem hohen Verbrennungswert. 3. Die Nahrungsstoffe in den pflanzlichen Nahrungsmitteln, im besonderen das Pflanzeneiweiß, werden wesentlich schlechter ausgenützt als das tierische Eiweiß. Nach Rubner verlassen teilweise bis 40 % des Pflanzeneiweißes den Körper ungenützt mit dem Kot. Das liegt aber weniger an der schlechten Ausnutzbarkeit an sich, als an den Zellulosehüllen, die das Pflanzeneiweiß vielfach einschließen und die Verdauungssäfte nicht zu dem Eiweiß gelangen lassen. Sorgfältige und sachgemäße Zubereitung kann die Zellulosehüllen entfernen. Dann wird das Pflanzeneiweiß fast ebensogut ausgenützt wie das tierische Eiweiß, so daß das Nahrungsstoffbedürfnis besonders bei Zulage von Fett sehr wohl ausschließlich aus pflanzlichen Nahrungsmitteln gedeckt werden kann. Kräftige Vegetarier sind dafür ein Beweis. Nur wird eine sachgemäße vegetarische Ernährung durch die Schwierigkeit der Zubereitung wesentlich teurer als gemischte Kost und kommt daher als Volksernährung nicht in Frage.

D. Die gemischte Kost.

Die vorhergehenden Erörterungen ergeben die Vorzüge einer gemischten Kost von selbst. Die Menge der unverdaulichen Stoffe bei der ausschließlichen Pflanzennahrung wurde wegen zu großer Belastung der Verdauungsorgane als Nachteil des Vegetarismus genannt. Dagegen ist die Einführung einer mäßigen Menge unverdaulicher Stoffe neben den Nahrungsstoffen vorteilhaft. Die Verdauungsorgane werden durch sie zu ausgiebiger mechanischer Tätigkeit angeregt und so eine bessere Durchmischung des Speisebreies mit den Verdauungssäften ermöglicht, was eine bessere Ausnutzung der Nahrungsstoffe zur Folge hat.

Folgende Tabelle enthält eine Übersicht über den Gehalt der Nahrungsmittel an Nahrungsstoffen.

Tabelle 8.

Nach Rubner (teilweise nach anderen Autoren) sind in 100 Teilen enthalten	Wasser	Eiweiß	Fett	Kohle-hydrate	Salze	Zellulose
bei magerem Ochsenfleisch	75,9	21,9	0,9	0,6	1,2	.
„ Kalbfleisch	78,0	15,3	1,3	0,8	1,3	.
„ Hühnerei	73,9	14,1	10,9	.	1,1	.
„ Milch	87,1	4,1	3,9	4,2	0,7	.
„ Butter	17.0	0,9	92,1	.	1,0	.
„ Käse	40,0	43,0	7,0	.	4,0	.
„ Weizenbrot feinster Sorte	31,5	7,1	0,75	58,1	1,1	0,3
„ Weizenbrot mittlerer Sorte	30,5	13,6	0,55	59,0	1,5	1,5
„ Reis	13,5	7,5	0,9	78,1	1,0	0,6
„ Mais	13,9	10,0	4,8	69,6	.	2,5
„ Erbsen	14,3	22,5	1,7	58,2	3,0	5,5
„ gelben Rüben	85,0	1,5	.	12,3	1,0	1,0
„ Kartoffeln	75,0	2,0	0,2	21,8	1,0	0,7
„ Spinat	90,3	3,1	0,5	4,1	2,1	0,9
„ Kopfsalat	94,3	1,4	0,3	2,8	1,0	1,0
„ Obst	83,6	0,4	0,8	12,9	0,5	1,5

Die folgende Tabelle ergibt die Ausnutzbarkeit der Nahrungsstoffe in den einzelnen Nahrungsmitteln nach Rubner.

Tabelle 9.

Es werden nicht resorbiert	von der Trocken-substanz %	vom Eiweiß %	vom Fett %	von den Kohle-hydraten %
bei Fleisch	5,3	2,6	.	.
„ Eiern	5,2	2,6	.	.
„ Milch	5,8	7,1	.	.
„ Milch und Käse	6,4	3,8	.	.
„ Erbsen	9,1	17,5	.	3,6
„ eiweißreichen Makkaroni	5,7	11,2	.	2,3
„ Brot aus feinstem Mehl	4,0	20,0	.	1,1
„ Brot aus gröberer Sorte	6,7	24,6	.	2,6
„ Kleienbrot	12,2	30,5	.	7,4
„ Mais	6,7	15,5	.	3,2
„ Reis	4,1	20,4	.	0,9
„ Wirsing	14,9	18,5	.	15,4
„ gelben Rüben	20,7	39,0	.	18,2
„ Kartoffeln	9,4	32,2	.	7,6
„ gemischter Kost mit 200 g Speck	9,2	14,0	7,8	6,2
„ „ „ „ 240 g Butter	6,7	11,3	2,7	6,2
„ „ „ „ 350 g Butter u. Speck	10,5	9,2	12,7	6,8

Die Angaben der Tabellen gestatten ein ungefähres Urteil über die Vorteile der verschiedenen, unserem Nahrungsbedürfnis genügenden Küchenzettel.

Die Ernährung soll nicht nur den Nahrungsstoffgehalt oder die bessere Ausnützbarkeit, sondern auch den Wohlgeschmack der Speisen berücksichtigen. Der Wohlgeschmack befördert den Appetit und trägt darum durch bessere Absonderung der Verdauungssäfte zur besseren Ausnutzung der Speisen bei. Auch die Temperatur der Speisen ist von Bedeutung. Zu kalte (namentlich Getränke im Sommer), aber auch zu warme Speisen können die Magenschleimhaut schädigen. Gewürze befördern zwar den Wohlgeschmack, wirken aber reizend auf die Körpergewebe. Starke Gewürze, wie sie namentlich in anderen Ländern üblich sind, müssen daher vermieden werden. Die Zubereitung der Speisen kann hier nicht näher besprochen werden.

2. Genußmittel oder Reizmittel.

A. Würzstoffe, Kaffee, Tee, Kakao, Bouillon.

Wir nehmen neben den Nahrungsmitteln auch Genußmittel zu uns. Sie befördern teilweise den Wohlgeschmack der Speisen, damit eine bessere Absonderung der Verdauungssäfte und eine bessere Verdauung. Hierher gehören die Gewürze, die schon kurz erwähnt wurden. Ferner entstehen gewisse Würzstoffe bei der Zubereitung der Speisen, so das Röstbitter in der Brotkruste oder die wohlschmeckenden Röstsubstanzen beim Braten. Andere Genußmittel, wie die Kohlensäure in Getränken, dienen neben dem Wohlgeschmack der Erfrischung. Wieder andere wirken anregend auf das Nervensystem und werden daher auch Reizmittel genannt. Solche Genußmittel sind 1. Tee, Kaffee, Schokolade, Bouillon, 2. Tabak, 3. Alkohol.

Reizmittel werden genossen, solange es eine Kulturmenschheit gibt. Dagegen läßt sich nichts einwenden, solange ihr Genuß im einzelnen Fall die Leistungsfähigkeit für eine bestimmte Arbeit erhöhen soll, für die wir die genügenden Kraftstoffe zwar besitzen, aber infolge von Abspannung des Nervensystems nicht in Bewegung setzen können. Diese Gelegenheiten häufen sich jedoch im Kulturleben und führen daher leicht zu gewohnheitsgemäßem Genuß von Reizmitteln. Die Gefahr ist um so größer, als die Reizmittel ein Wohlgefühl hervorrufen, das sich der Mensch auch ohne die Notwendigkeit eines Reizes zu verschaffen sucht. Dabei werden manche Menschen schon durch den mäßigen regelmäßigen Genuß von Kaffee, Tee, Alkohol, Tabak geschädigt. Starker Kaffee und Tee wirken neben der Anregung nachteilig auf das Herz und Nervensystem. Ihr übermäßiger Genuß ruft schwere Schädigungen hervor. Man denke nur an das pergamentfarbene Aussehen gewohnheitsmäßiger Teetrinker, namentlich in Ländern, wo diese Genüsse den verbotenen Alkohol ersetzen. Sie vermögen dann zweifellos die Konstitution zu untergraben und so mittelbar die ganze Rasse zu schädigen. Schokolade und Kakao stehen günstiger, da sie nicht in solchen Mengen genossen werden und namentlich vermöge ihres Fett- und Kohlehydratgehaltes gleichzeitig als Nahrungsmittel gelten müssen. In manchen Ländern gehören sehr gefährliche Reizmittel, Opium und Haschisch, zu den gewohnheitsgemäßen Genußmitteln vieler Menschen. Bei uns kommen in der Beziehung nur noch der Tabak und der Alkohol in Frage. Sie sollen daher ihrer besonderen Bedeutung wegen etwas eingehender besprochen werden.

B. Der Tabak.

Der Tabak ist bei mäßigem Genuß nicht wesentlich schädlicher als mäßig genossener Kaffee oder Tee. Immerhin muß die stärker reizende Einwirkung auf die Gefäßwände bei der Entstehung der Arterienverhärtung in Betracht gezogen werden. Reichliches Rauchen schweren Tabaks ist stets zu verwerfen. Ebenso kann das Zigarettenrauchen nicht scharf genug bekämpft werden. Die Zigarette wirkt schon durch die sehr schädlichen Produkte der trockenen Destillation des Papieres nachteiliger, noch mehr etwa parfümierte Zigaretten, so daß auch mäßiges Zigarettenrauchen bedenklicher ist als mäßiges Zigarrenrauchen (1—2, ausnahmsweise 3 Zigarren täglich). Dann aber führt die Bequemlichkeit, schnell in kurzen Pausen eine Zigarette rauchen zu können, und der gewisse vornehme Anstrich der Zigarette leicht zu übermäßigem Zigarettenrauchen. Jedenfalls sind sehr viele (gegen 40 %) der jungen Leute, die wegen Herzbeschwerden militäruntauglich sind, Zigarettenraucher. Die Zigarette macht leider vor dem Damensalon nicht halt. Sie ist immer mehr auch in die minderbemittelten Stände, die Masse des Volkes, eingedrungen, ihr Genuß damit zu einem Volksübel geworden, das mit allen Mitteln bekämpft werden muß.

C. Der Alkohol.

a) **Der Alkohol ein Reizmittel, kein Nahrungsmittel.**

Der Alkohol ist das gefährlichste der bei uns üblichen Reizmittel. Er täuscht nämlich vor, tatsächlich ein Kraftspender zu sein, da 1 g Alkohol beim Verbrennen über 7 Kal. Wärme liefert, die zweifellos im Körper in Kraft umgesetzt werden können. Wortredner des Alkohols rechnen ihn daher unter die Nahrungsmittel. Das ist aber falsch. Zunächst kommt nicht der gesamte Brennwert des Alkohols der Wärme- und Kraftbildung im Körper zugute. Große Mengen des Alkohols werden unverbrannt durch die Atmung und den Harn wieder ausgeschieden, üben aber trotzdem ihre später zu erwähnenden schädlichen Wirkungen im Körper aus. Ferner wirkt der Alkohol lähmend auf die Muskeln der Blutgefäße der Haut. Die Blutgefäße erweitern sich demnach und bringen mehr Wärme in die Haut (daher das anfängliche erhöhte Wärmegefühl), wodurch mehr Wärme, also Kraft, ungenützt abgegeben wird. Weiter trägt die körperliche Unruhe, die der Alkohol erzeugt, zu größerem Stoffverbrauch bei. Dies alles muß vom Verbrennungswert des Alkohols abgezogen werden, so daß schon dadurch nicht mehr viel von der kraftspendenden Wirkung des Alkohols übrigbleibt. Außerdem setzt der Alkohol die Koordinationsfähigkeit des Nervensystems herab und läßt uns viele unnütze Mitbewegungen ausführen, die erhöhte Arbeit bei gleichem Arbeitserfolg bedeuten und dazu noch eine vermehrte Arbeit anderer Muskeln zum Ausgleich der nutzlosen Mitbewegungen nötig machen. Wir arbeiten also nach Alkoholgenuß unökonomischer. Diese Wirkung wird z. B. beim Gang zwar erst nach Genuß größerer Alkoholmengen, wo die ausgleichende Mehrarbeit der gegenwirkenden Muskeln nicht mehr ausreicht, äußerlich sichtbar. Erforderlich wird diese Mehrarbeit aber schon bei dem Genuß geringer Alkoholmengen. Der Nahrungswert des Alkohols wird aus allen diesen Gründen mehr als verbraucht. Mit dem Schlagwort vom Nahrungswert des Alkohols ist es also nichts.

b) Der Alkohol bei körperlicher Anstrengung.

Der Alkohol ist nur Reizmittel, nach den bisherigen Erörterungen ein Reizmittel, das für stärkeren Betrieb von Leibesübungen ungeeignet ist. Eine Ausnahme macht vielleicht ein Einzelfall, wo die versagende Nervenkraft für den Augenblick zu letzter Kraftanstrengung durch eine geringe Menge konzentrierten Alkohols angeregt werden kann. Ein solcher Fall ist denkbar, wenn im Feldzug eine Truppe unbedingt noch rechtzeitig eintreffen muß. Da können die letzten Kräfte durch Alkohol angepeitscht werden, da ist der Nutzen größer als der geringe Schaden. Diese Anwendung des Alkohols ist aber bei turnerischen oder sportlichen Höchstleistungen weniger zu empfehlen. Sie muß vor allen Dingen Ausnahme bleiben. Im allgemeinen muß man hier für die Zeit der Vorbereitung volle Enthaltung von Alkohol- und Nikotingenuß fordern.

c) Einfluß des Alkohols auf den Menschen überhaupt, Alkohol und Nachkommenschaft.

Bei Betrieb der Leibesübungen zwecks Hebung der allgemeinen Leistungsfähigkeit gelten für den Alkoholgenuß die gleichen Grundsätze wie auch sonst im Leben. Es ist von vornherein selbstverständlich, daß auch da nur ein mäßiger und gelegentlicher Alkoholgenuß erlaubt ist. Schon der Genuß einer geringen Menge Alkohol, zwei Glas Bier, setzt nach ganz kurzer Steigerung für längere Zeit die Muskelkraft herab, die Koordination wird erschwert und verlangsamt, die Auffassung, die Zuverlässigkeit der Beobachtung und die Merkfähigkeit verringert. Die Intelligenz wird vermindert, so daß einfache Rechenaufgaben langsam gelöst werden. Auf der anderen Seite werden die Willensantriebe schneller ausgelöst. Auch dies beruht auf einer Hemmung, nämlich auf der Lähmung psychischer Hemmungen. Daher das subjektive, täuschende Gefühl der Angeregtheit. Der Alkohol wirkt besonders auf den nicht ermüdeten Muskel und das nicht ermüdete Gehirn lähmend, während er die ermüdeten Organe sicher für kurze Zeit anregen kann. Die feineren Gefühle werden gelähmt, die rein körperlichen sexuellen Triebe zunächst erhöht. Wir kommen daher durch die Lösung der Alkoholfrage auch der wohl nie völlig möglichen Lösung der sexuellen Frage näher. Der Einfluß der genannten geringen Menge Alkohol ist erst nach 36 Stunden völlig ausgeglichen. Daher können sich die schädigenden Einwirkungen auch verhältnismäßig kleiner Mengen bei regelmäßigem Genuß überhaupt nicht ausgleichen und müssen dauernde Schädigungen hervorrufen. Neben diesen Nachteilen hat der Alkoholgenuß auch gewisse Vorteile. Das schon erwähnte subjektive Gefühl der Angeregtheit vermag uns wohl in eine bessere Gemütsstimmung zu versetzen und die Geselligkeit zu fördern. Dadurch werden wir wohl auch mittelbar leistungsfähiger, da eine gedrückte Stimmung unser Handeln lähmt, fröhliche Stimmung es fördert. Aus diesen Gründen kann man den gelegentlichen Genuß geringer Alkoholmengen für manche Menschen als nützlich bezeichnen. Wenn man dabei einmal mehr als 1—2 Glas Bier trinkt, so wird man noch nicht dauernd geschädigt werden. Allerdings gibt es Menschen mit geringer Widerstandskraft gegen den Alkohol, denen jeder Alkoholgenuß schädlich ist, auch ohne daß ihnen etwas anzumerken wäre. Diese Menschen sind gar nicht so sehr selten und wissen oft selbst nichts von ihrer Anlage.

Schließlich wirkt der Alkohol unmittelbar schädigend auf die Keimzellen ein. Dadurch gewinnt die Alkoholfrage noch eine ganz andere Bedeutung. Das ist auch der Hauptgrund, weshalb regelmäßiger, auch mäßiger Alkoholgenuß zu widerraten ist. Der regelmäßige Genuß größerer Mengen, 5—6 Glas Bier täglich, muß erheblich schädigend auf die Nachkommenschaft einwirken. Kinder, die nach dem Genuß größerer Alkoholmengen, dem durchaus noch kein Rausch zu folgen braucht, gezeugt wurden, werden Schwächlinge oder gar Idioten, Epileptiker, verbrecherische Naturen. Dasselbe gilt von den Kindern eigentlicher Trinker.

Die Wirkung des Alkohols im besonderen auf die Nachkommenschaft erklärt sich aus seiner lähmenden Wirkung auf das lebende Protoplasma, die man sich leicht durch Experimente an niederen Tieren und Pflanzen (Entwicklung von Kaulquappen unter Alkoholeinfluß oder von Pflanzen, die mit Wasser begossen werden, das einen geringen Zusatz von Alkohol hat) anschaulich machen kann. Daraus geht weiter hervor, daß der Alkoholgenuß den Menschen in der Entwicklung ganz besonders schwer schädigen muß. Es ist demnach traurig, daß es überhaupt noch eine Alkoholfrage der Schuljugend gibt. Kinder in vorschulpflichtigem und schulpflichtigem Alter dürfen niemals und unter keinerlei Vorwand Alkohol auch nur in geringer Menge erhalten. Die Aufklärung der Eltern darüber ist dringend notwendig, da Gefahr im Verzuge ist. Aber auch junge Leute in den Entwicklungsjahren werden durch Alkohol mehr geschädigt als Erwachsene, so daß man ärztlicherseits jeden Alkoholgenuß bis zum 18.—20. Lebensjahr verbieten muß. Die Befolgung stößt namentlich darum auf den Widerstand der jungen Leute, weil sie glauben, daß Alkohol und Männlichkeit zusammengehören.

Die notwendige Aufklärung wird wirksam durch den Betrieb von Leibesübungen unterstützt, die neben anderen heilsamen Einflüssen den großen Vorzug besitzen, die Trinksitten zu bessern. Schon unser kurzer Abriß über den Alkohol ergibt, daß in der Beziehung noch viel mehr geschehen muß, wenn unsere Volkskraft nicht abnehmen, sondern wachsen soll.

Vierter Abschnitt.

Die Harnorgane und die Harnausscheidung.

1. Der Harn.

Die Aufnahme der Stoffe durch Verdauungsorgane und Lunge, ihr weiterer Verbleib und ihre Veränderung im Körper, sowie die Abgabe der Kohlensäure durch die Lungen ist bereits erörtert, ebenso die Abgabe eines Teiles des Wassers durch die Lungen. Es bleibt noch die Abgabe der Eiweißabbauprodukte, der Salze, sowie des übrigen Wassers aus dem Körper zu besprechen.

Wir hatten die Veränderung der Eiweißabbauprodukte bis zu ihrer Überführung in den unschädlichen Harnstoff durch die Leber (vielleicht in geringer Menge auch durch die Muskeln) und Bildung der unschädlichen Schwefel- und Phosphorsäuresalze verfolgt. Harnstoff, schwefelsaure und phosphorsaure Salze, sowie harnsaure Salze und einige andere Bestandteile, deren Entstehung wegen ihrer geringen Menge nicht erörtert zu werden braucht, werden, mit reichlichem Wasser versetzt, durch die Nieren als Harn ausgeschieden.

Der Harn besteht aus etwa 96 % Wasser. Der Erwachsene sondert ungefähr $1^1/_2$ l Harn in 24 Stunden ab, in dem sich etwa 35 g Harnstoff befinden. Der Rest der 4 % festen Bestandteile besteht aus den schon genannten und anderen Stoffen, die gelegentlich in den Körper durch die Nahrung, durch die Lunge, durch die Haut aufgenommen werden. Der Harn ist klar und strohgelb. Bei längerem Stehen trübt er sich durch den Ausfall von harnsauren Salzen und wird durch Zersetzung des Harnstoffes alkalisch. Die Menge des Harns wird bei größerer Flüssigkeitsaufnahme größer, bei vermehrter Wasserabgabe durch die Lungen und besonders durch den Schweiß, wovon später die Rede sein wird, geringer. Damit verändert sich auch die Farbe des Harns. Wässeriger Harn erscheint heller, fast wasserhell, spärlicher Harn dunkler, bis hellbraun, da die Menge der festen Bestandteile sich nicht in dem gleichen Maße wie die Wassermenge ändert.

Krankhafte Bestandteile des Harns sind erstens Eiweiß, zweitens Zucker. Eiweiß geht in den Harn bei Krankheit der Nieren oder Stauungen in den Nieren bei Krankheiten des Blutkreislaufes über, Zucker bei der Zuckerkrankheit. In beiden Fällen muß eine Schwächung des Körpers eintreten, da Nahrungsstoffe, zu deren Aufnahme der Körper Arbeit leisten mußte, ungenützt wieder ausgeschieden werden. Aus den harnsauren Salzen können sich Nierensteine bilden, die sich in die Harnleiter oder einen andern Teil der Harnwege einklemmen und dabei heftige Schmerzen verursachen.

2. Die Harnorgane.

Zu den Harnorganen gehören die beiden Nieren, die den Harn absondern, die beiden Harnleiter, die den Weg für den abgesonderten Harn in die Blase bilden, die Harnblase und die Harnröhre.

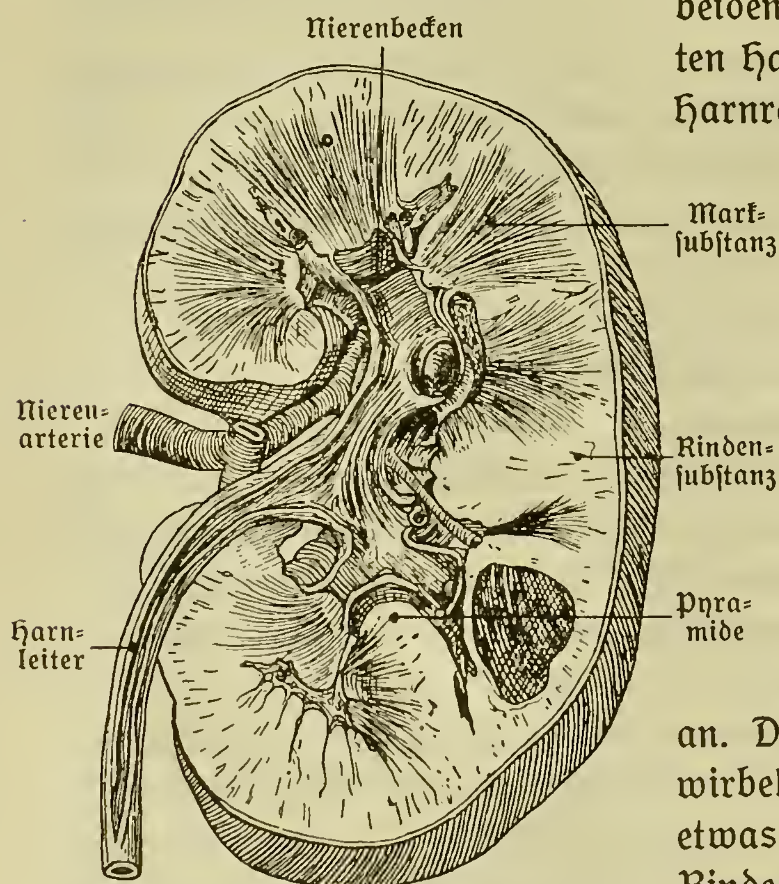


Abb. 151. Die rechte Niere, senkrecht frontal durchschnitten. Vordere Hälfte, von hinten gesehen. Mark- und Rindensubstanz. Nierenbecken. Anfang des Harnleiters. $^3/_5$ nat. Größe. (Bardeleben.)

A. Die Nieren.

Jede Niere hat die Form einer Bohne, die auf einer der Spitzen steht und deren Konvexität lateralwärts gerichtet ist. (Abb. 133 u. 151.) Die Nieren tragen auf ihrem oberen Ende die Nebennieren wie eine Kappe. Die Länge einer Niere beträgt etwa 11 cm, die Dicke 3 cm, die Breite 5 cm. Die Nieren liegen zu beiden Seiten der Wirbelsäule, etwa 2—3 Finger breit von ihr entfernt, der Hinterwand der Bauchhöhle unmittelbar an. Die linke Niere liegt in der Höhe des 11. Brustwirbels bis zum 2. Lendenwirbel, die rechte Niere etwas tiefer. Die Nieren werden durch fettreiches Bindegewebe in ihrer Lage erhalten. Diese Verbindung ist eine sehr lockere, so daß die Nieren sich häufig als „Wanderniere" stark senken.

Die Niere ist von einer bindegewebigen Kapsel

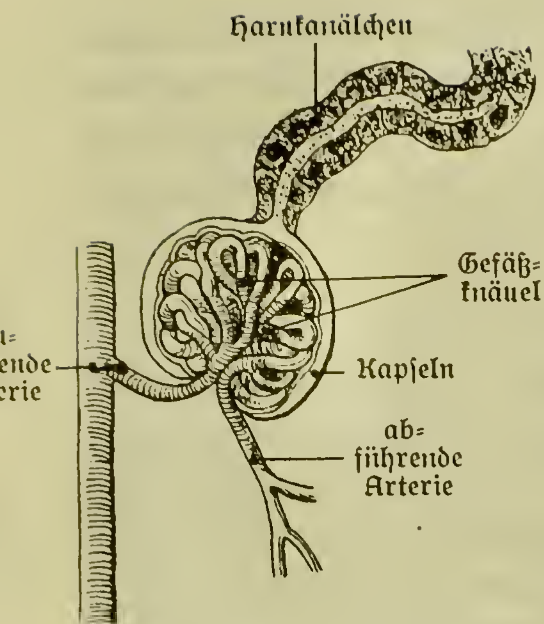


Abb. 152. Ein Malpighisches Körperchen der Niere (Nierenkörperchen). 100mal vergrößert. (Bardeleben.)

umgeben. In der Mitte der konkaven Seite der Niere liegt die Nierenpforte, die sich im Innern der Niere zu einem Hohlraum, dem Nierenbecken, erweitert. Von der Nierenpforte geht der Harnleiter aus, neben dem die Nierenarterie und Nierenvene in die Nierensubstanz ein- und austreten. Die Nierensubstanz ist rings um das Nierenbecken gruppiert. Sie besteht aus Rindensubstanz und Marksubstanz. Die Rindensubstanz umgibt allseitig die in Form von kleinen Pyramiden (mit der Spitze nach dem Nierenbecken zu) angeordnete Marksubstanz. Die abgestumpften Spitzen der Markpyramiden ragen wie kleine Hügelchen, durchschnittlich 9—10, in das Nierenbecken hinein und tragen jede 15—20 punktförmige Öffnungen, die Ausmündungen der Sammelröhren der Harnkanälchen. In der Rindensubstanz liegen die eben noch als Pünktchen mit dem bloßen Auge sichtbaren Nierenkörperchen. (Abb. 152.) Sie bestehen aus einem mit einer Kapsel umgebenen, kleinen Hohlraum, in dem die feinsten Verzweigungen der Nierenarterie ein Gefäßknäuel bilden, dessen Ende neben der zuführenden Arterie wieder aus dem Nierenkörperchen als abführende Arterie heraustritt, um erst später in den Wänden der Harnkanälchen vermittels der Kapillaren in die Nierenvene überzugehen. Aus den Nierenkörperchen geht gegenüber von der zuführenden und abführenden Arterie ein Harnkanälchen ab, das in der Rinden- und Marksubstanz mehrere Windungen und Schlingen bildet, um sich schließlich mit mehreren solcher Harnkanälchen zu einem Sammelröhrchen zu vereinen und in einer der erwähnten punktförmigen Öffnungen einer Pyramidenspitze zu endigen. (Abb. 153.) Da die abführende Arterie des Gefäßknäuels enger als die zuführende Arterie ist, herrscht in dem Gefäßknäuel ein starker Druck, durch den Wasser in den Hohlraum gepreßt wird, das in die Harnkanälchen abfließt. Die Epithelzellen der Harnkanälchen sondern dann ihrerseits die im Harn gelösten Bestandteile ab.

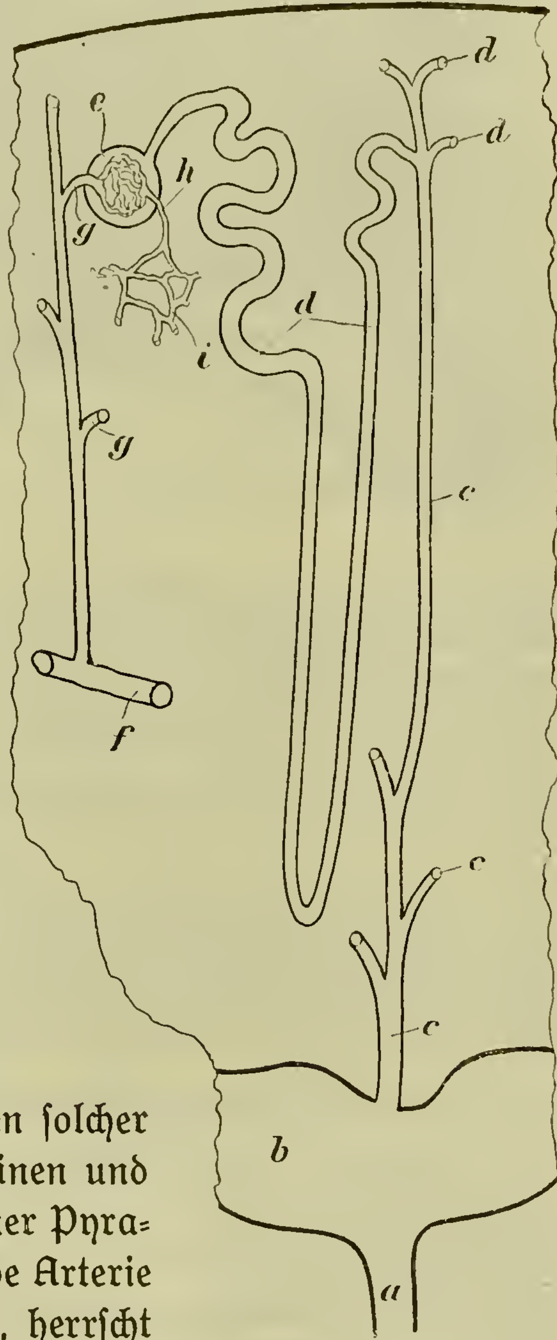


Abb. 153. Schema der Niere. Längsschnitt. *a* Harnleiter, *b* Nierenbecken, *c* Sammelröhren, *d* Harnkanälchen, *e* Gefäßknäuel, *f* Nierenschlagader, *g* zuführende Arterie z. Gefäßknäuel, *h* abführende desgl., *i* Haarröhrchennetz. (Nach Sachs.)

B. Die Harnleiter.

Der Harn wird tropfenweise durch die Harnleiter der Harnblase zugeführt. (Abb. 133.) Die Harnleiter sind Röhren von der

Dicke einer Häkelnadel. Die Wand der Harnleiter besteht aus Bindegewebe, in das glatte Muskelfasern eingelagert sind, und ist innen mit Epithel ausgekleidet. Die Harnleiter gehen vor dem langen Lendenmuskel zu beiden Seiten der Wirbelsäule herunter und treten dann in das kleine Becken und von hinten unten her in die Harnblase hinein.

C. Die Harnblase.

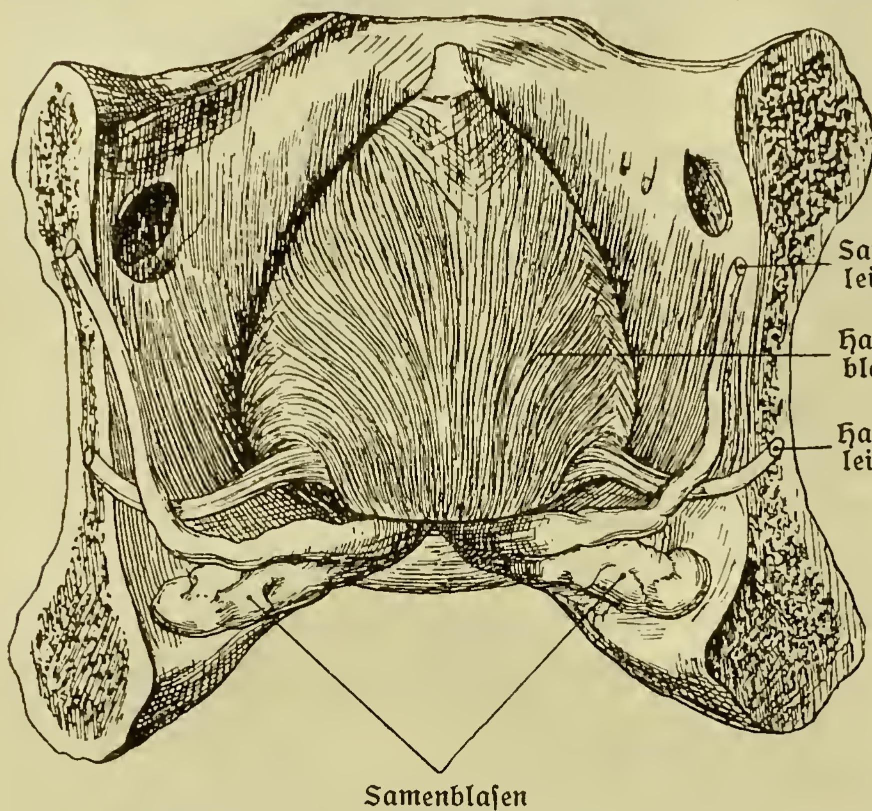


Abb. 154. Die Harnblase in ihrer Lage an der vorderen Beckenwand, von hinten gesehen. Das Bauchfell ist abgezogen. Beiderseits Einmündung des Harnleiters. $1/_2$ nat. Größe. (Bardeleben.)

Die Harnblase hat die Form einer Birne, deren spitzes Ende nach oben zeigt. (Abb. 154.) Sie liegt im kleinen Becken vorn unmittelbar hinter der Schoßfuge. Die Wände bestehen aus glatten Muskelfasern und sind innen mit Schleimheit ausgekleidet. Die Blase hat bei den einzelnen Menschen sehr verschiedene Größe und faßt im Mittel bei Erwachsenen 600 ccm. Sie liegt in leerem Zustande völlig im kleinen Becken und ragt bei größerer Füllung teilweise über den oberen Rand der Schoßfuge hinaus. Die Blase besitzt an ihrem Ausgang in die Harnröhre einen dem Willen nicht unterworfenen Schließmuskel aus glatten Muskelfasern und einen dem Willen unterworfenen Schließmuskel aus quergestreiften Muskelfasern.

D. Die Harnröhre.

Die Harnröhre zieht unter dem Schoßwinkel nach vorn und endet beim Weibe nach kurzem Verlauf von etwa 3 cm in den Vorhof der Scheide. Sie vereinigt sich beim Manne bald mit dem Ausführungsgang der Geschlechtsdrüsen.

Anhang: **Die Lage der Becken- und Bauchorgane. Das Bauchfell.**

Folgende Organe liegen der Bauchwand unmittelbar an. 1. Hinten links neben der Wirbelsäule die Aorta. Sie teilt sich in Höhe des vierten Lendenwirbels in die beiden gemeinsamen Hüftarterien, die bzw. deren Fortsetzungen entlang dem inneren Rande des Lendendarmbeinmuskels bis zur Gefäßlücke unter dem Poupartschen Bande verlaufen. Neben ihnen sieht man 2. die gleichnamigen Venen. Sie vereinigen sich in Höhe des vierten Lendenwirbels zur unteren Hohlvene, die hinten rechts neben der Wirbelsäule liegt und dann durch das Zwerchfell in die Brusthöhle tritt. 3. Rechts und links liegen die beiden Nieren unmittelbar der hinteren Bauchwand an und senden die Harnleiter nach abwärts. 4. Vor der rechten Niere liegt die Bauchspeicheldrüse mit 5. dem hufeisenförmig gekrümmten Teil des Zwölffingerdarmes. 6. Außerdem verläuft noch der Grenzstrang des sympathischen Nerven (s. S. 239) beiderseits längs der Wirbelsäule

und 7. links im oberen Teil der Bauchhöhle neben der Aorta der Milchbrustgang, der durch die Aortaöffnung des Zwerchfelles in die Brusthöhle tritt. (Abb. 113. 114. 133.)

Die Bauchwand ist mit den ihr unmittelbar anliegenden Organen innen vom Bauchfell ausgekleidet, ebenso wie jede Brusthälfte vom Brustfell. Auch das Bauchfell ist eingestülpt, so daß die ganze Bauchwand von zwei Blättern des Bauchfelles bedeckt wird, von denen das äußere Blatt ringsum fest mit der Bauchwand verwachsen ist, während das innere Blatt zu groß geraten ist und nun Platz für alle übrigen Organe der Bauchhöhle bietet. Diese sind in das innere Blatt eingestülpt und mit ihm verwachsen, wie die Lunge mit dem inneren Blatt des Brustfelles. Daher bildet das innere Blatt des Bauchfelles die äußere Schicht aller dieser Bauchorgane. Es sind der Magen, die Leber, die Milz, der Darm mit Ausnahme des Hufeisenteiles des Zwölffingerdarmes und des Mastdarmes. Bei der vielseitigen Gestalt dieser Organe entstehen an den Umschlagsstellen des inneren und äußeren Blattes des Bauchfelles Falten, die sich zu Bändern verdicken, vermittels derer die Organe an der Bauchwand befestigt sind. Solche Bänder sind das Kronenband und das Aufhängeband der Leber (s. S. 217). Das innere Blatt geht an der Leber, dem Magen, der Milz und dem Dickdarm unmittelbar in das äußere Blatt des Bauchfelles über, so daß die Organe ziemlich straff an die hintere Bauchwand angeheftet sind. Doch kommen bei allgemeiner Schwäche der Stützorgane und nach erschöpfenden Krankheiten oder nach langjähriger, schwerer Arbeit Dehnungen der Bänder vor, so daß die Organe beweglicher werden und, wie die Wanderniere, nach unten sinken können.

Die den Darm tragende Bauchfellfalte heißt das Gekröse. (Abb. 147.) Es ist beim Dünndarm erheblich länger als beim Dickdarm und bildet selbstverständlich eine doppelte Lage des inneren Blattes des Bauchfelles. Die Anheftungsstelle des Gekröses des Dünndarmes ist nur kurz und verläuft schräg vom 2. Lendenwirbelkörper zum Hüftkreuzbeingelenk bis in die Gegend der inneren Bogenlinie. Der freie Rand des Gekröses, in dem der Dünndarm liegt, ist dagegen 6–8 m lang. Das Dünndarmgekröse ist wie eine lange Spitze gerafft, die an einer kurzen Stelle eines Kleides angenäht wurde. Demnach ist der Dünndarm natürlich viel beweglicher als der Dickdarm. Zwischen den beiden Lagen des Gekröses verlaufen die Blutgefäße, Nerven und Lymphgefäße des Darmes.

Das äußere Blatt des Bauchfelles schlägt sich am Anfang und Ende des Zwölffingerdarmes in das innere Blatt um, so daß der Zwölffingerdarm der hinteren Bauchwand unmittelbar ohne Bauchfellüberzug anliegt. Es überzieht unten den Eingang in das kleine Becken und sendet nur einzelne Falten zwischen den Organen des kleinen Beckens nach unten. Dabei muß sich das äußere Blatt an dem S-förmigen Schaltstück des Mastdarmes ebenfalls in das innere Blatt umschlagen. Die Organe des kleinen Beckens sind daher nur oben vom Bauchfell bedeckt. Im kleinen Becken liegt hinten in der Kreuzbeinaushöhlung der Mastdarm, vorn hinter der Schoßfuge die Harnblase, zwischen beiden beim Weibe die Gebärmutter. (Abb. 154 u. 155.) Das Bauchfell geht über die letzten beiden Organe straff hinweg, die von ihm wie von einer Kapuze bedeckt werden, sobald sie aus dem kleinen Becken in das große Becken steigen, die Blase bei stärkerer Füllung, die Gebärmutter beim Wachsen der Leibesfrucht.

Das Bauchfell ist, wie Brustfell und Herzbeutel, eine seröse Haut, die vielgestaltige Bauchhöhle zwischen äußerem und innerem Blatt des Bauchfelles eine seröse Höhle, die mit einem Epithel ausgekleidet ist und daher spiegelnd glatte, stets etwas schlüpfrig feuchte Wände besitzt. Man spricht von Organen innerhalb und außerhalb der Bauchfellhöhle, je nachdem sie einen besonderen Überzug vom inneren Blatte des Bauchfelles besitzen oder nicht. Innerhalb der Bauchfellhöhle liegen also: Milz, Leber, Magen und Darm mit Ausnahme des hufeisenförmigen Teiles des Zwölffingerdarmes und des Mastdarmes, sowie die Geschlechtsdrüsen. Außerhalb der Bauchfellhöhle liegen: die Bauchspeicheldrüse, der hufeisenförmige Teil des Zwölffingerdarmes, der Mastdarm, die Harnorgane, die Gebärmutter, die Aorta, die untere Hohlvene, die Hüftarterien und -venen, der Grenzstrang des sympathischen Nerven und der Anfangsteil des Milchbrustganges. Der den Magen überkleidende Teil des inneren Blattes des Bauchfelles setzt sich nach unten zu weiter fort, bildet dort also eine doppelte Lage des inneren Blattes und hängt wie eine Schürze vor den Dünndarmschlingen. Er wird Netz genannt. Die beiden Lagen des Netzes wenden sich wieder nach oben, ziehen zwischen Magen und querem Grimmdarm hindurch und gehen dort in das äußere Blatt des Bauchfelles über. Das Netz besteht demnach aus vier Lagen des inneren Blattes des Bauchfelles, die miteinander verwachsen und stets etwas, oft reichlich mit Fett durchsetzt sind.

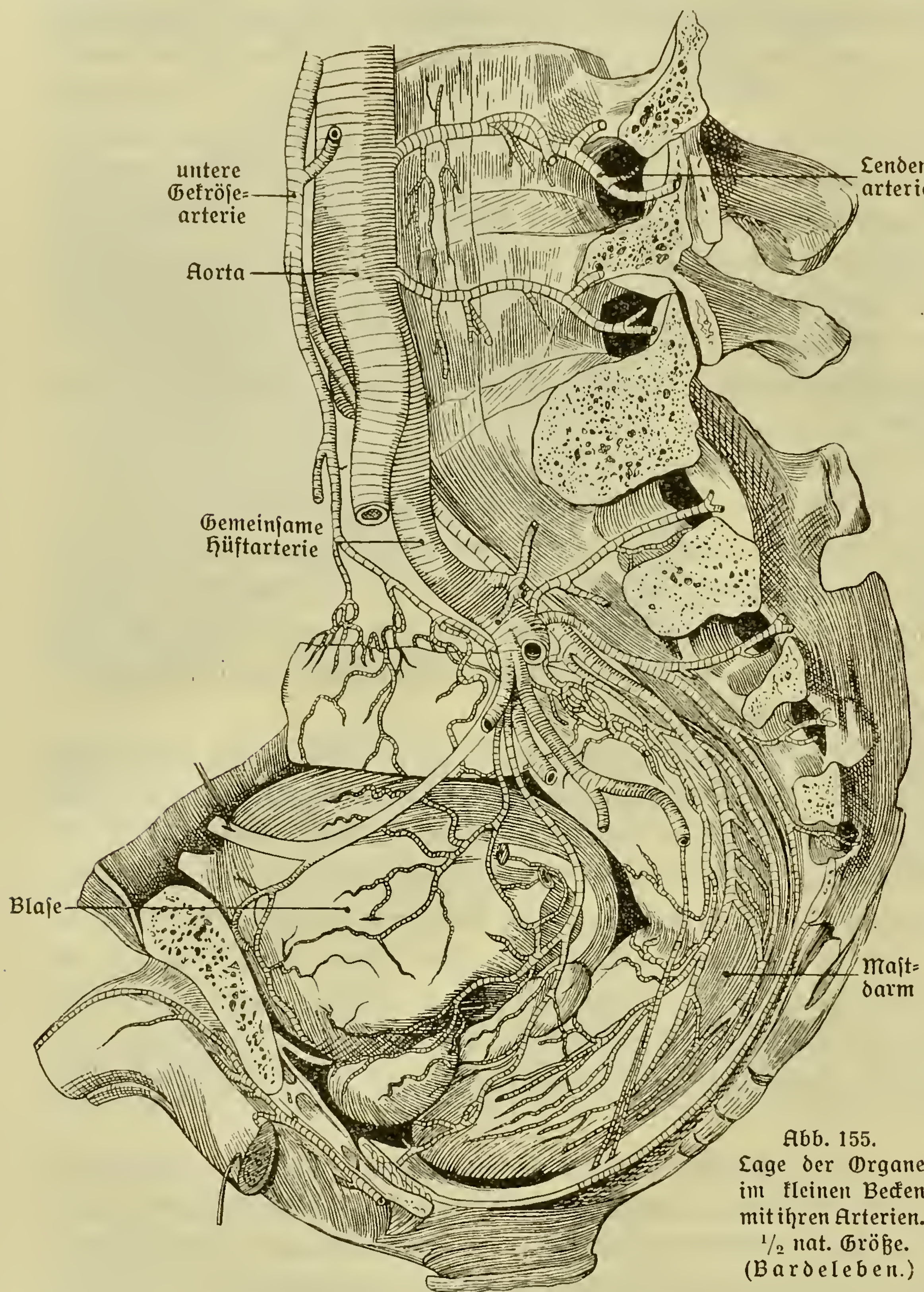


Abb. 155. Lage der Organe im kleinen Becken mit ihren Arterien. $^1/_2$ nat. Größe. (Bardeleben.)

Viertes Kapitel.

Das Nervensystem, die Sinnesorgane und die Haut.

Erster Abschnitt.

Das Nervensystem.

1. Bedeutung und Einteilung des Nervensystems.

Die Lebenstätigkeit unseres ganzen Körpers steht unter der Leitung des Nervensystems. Diese Leitung findet von einem Mittelpunkt aus statt, der mit den einzelnen Teilen des Körpers verbunden ist. Der Mittelpunkt des Nervensystems ist das Großhirn, im besonderen die Großhirnrinde. Wir nehmen mit der Großhirnrinde den Zustand der einzelnen Körperteile und ihr Verhältnis zu der Außenwelt wahr und veranlassen mit der Großhirnrinde die einzelnen Körperteile zu einer entsprechenden Tätigkeit. Unser Bewußtsein ist offenbar an die Großhirnrinde gebunden. Dabei darf man sich freilich nicht vorstellen, daß der Geist etwa gleichbedeutend mit der Tätigkeit unserer Großhirnrinde wäre. Sie ist vielmehr nur Bindeglied, das Werkzeug, dessen sich unser Geist (unsere Seele) zu seinen Wahrnehmungen der Außenwelt und zu seinen Äußerungen bedient. Über das Wesen des Geistes oder der Seele, deren Vorhandensein dem eigenen „Ich" unmittelbar feststeht, wissen wir nichts. Die Seele kann als immateriell nicht Gegenstand naturwissenschaftlicher Forschung, letzten Endes nicht einmal der Philosophie, sondern nur des Glaubens und der Religion sein. Ebensowenig ist uns etwas über die Art bekannt, wie sich die Seele zu ihren Äußerungen der Großhirnrinde bedient. Nur die Tatsache selbst können wir auf Grund der Erfahrung und Selbstbeobachtung als sicher annehmen. So sehen wir denn auch bei geistiger Tätigkeit einen regeren Blutkreislauf in der Großhirnrinde. Auf der anderen Seite hat eine Besserung des gesamten Blutkreislaufes, z. B. als Folge verständiger Körperbewegung, durch bessere Durchblutung der Großhirnrinde mittelbar psychische Wirkungen, wie gute Stimmung, Lustgefühle, Freude im Gefolge. Freilich spielen dabei auch noch andere Ursachen als die besseren Kreislaufsverhältnisse eine Rolle.

Daneben werden Bewegungen durch gewisse Zustände einzelner Körperteile ausgelöst, ohne uns zum Bewußtsein zu kommen. Solche Auslösung nennt man Reflex. Ihr Mittelpunkt ist im Rückenmark gelegen. In ähnlicher Weise hat das Kleinhirn, uns unbewußt, Einfluß auf das richtige Zusammenwirken der Muskelzusammenziehungen.

Großhirn, Kleinhirn und Rückenmark, die durch den Hirnstock miteinander verbunden sind, besitzen die gemeinsame Fähigkeit, Wahrnehmungen in Tätigkeiten umzusetzen. Sie sind demnach Umschaltungsapparate. Das Großhirn nimmt nur als Werkzeug der unserer Forschung unzugänglichen Seele eine gesonderte Stellung ein. Wenn demnach Großhirn, Kleinhirn und Rückenmark auch keinen eigenen Antrieb zu liefern vermögen, kann man sie als Umschaltungsapparate doch als Zentralorgane oder Zentralnervensystem zusammenfassen.

Dem Zentralnervensystem stehen die peripheren Nervenstämme gegenüber, die die Leitung der Wahrnehmungen von den einzelnen Körperteilen zum Zentral-

nervensystem und umgekehrt die Leitung der Erregungen des Zentralnervensystems und durch Vermittelung des Gehirns die Willensimpulse der Seele an die einzelnen Körperteile vermitteln. Man kann die peripheren Nerven daher sehr wohl mit den Drähten einer telegraphischen oder telephonischen Leitung, das Zentralnervensystem mit den verschiedenen Telegraphen- oder Telephonämtern vergleichen. Der sympathische Nerv nimmt eine Mittelstellung zwischen Zentralorgan und peripherem Nerv ein.

2. Bau des Nervensystems.

A. Zusammensetzung des Nervensystems aus Neuronen.

Das ganze Nervensystem (Zentralorgan und periphere Nerven) besteht aus vielen Millionen Nervenzellen mit ihren Fortsätzen, also aus einzelnen Zellindividuen. (Abb. 156.) Diese schon von anderen Forschern gefundene Zusammensetzung des Nervensystems wurde zuerst von Waldeyer als Neuronenlehre zusammengefaßt. Ein Neuron oder eine Nerveneinheit ist eine Nervenzelle oder Ganglienzelle mit ihren Fortsätzen. Jede Ganglienzelle hat einen Kern mit Kernkörperchen, sowie einen Hauptfortsatz, den Nervenfortsatz, und meist einen oder mehrere Nebenfortsätze, die Dendriten. Es können auch, wie bei den Zwischenwirbelganglionzellen (S. 234 u. 241) zwei Fortsätze mit einem gemeinsamen Anfangsstück entspringen. Die Dendriten verzweigen sich bald baumkronenähnlich und treten mit Verästelungen der Dendriten oder den Endbäumchen des Nervenfortsatzes anderer Nervenzellen in nähere Berührung, wodurch Reize von einer Ganglienzelle auf die andere übergehen können. Der Nervenfortsatz vermittelt die Leitung auf weitere Strecken. So sind die peripheren Nerven nichts anderes als Bündel von Nervenfortsätzen der Ganglienzellen im Rückenmark oder Hirnstock und können 1 m und länger werden. Die Nervenfortsätze anderer Ganglienzellen verbinden Teile des Zentralnervensystems untereinander, indem ihre Endbäumchen Reize an die Verästelungen von Dendriten anderer Ganglienzellen übermitteln. Die Nervenfortsätze in den Zentralorganen sind ebenfalls zu Bündeln zusammengefaßt, die die weiße Substanz der Zentralorgane bilden. Die weiße Substanz besteht ausschließlich aus Nervenfasern und enthält keine Ganglienzellen. Wenn eine Nervenfaser zu einer Ganglienzelle in Beziehung tritt, so geht sie aus der weißen Substanz in die graue Substanz über, die aus Ganglienzellen mit ihren Dendriten und dem Endteil der Nervenfortsätze zusammengesetzt ist und durch die Neuroglia, ein Stützgerüst, das aus Zellen mit ihren Fortsätzen besteht, gefestigt wird. Die Neuroglia stützt auch die weiße Substanz, die außerdem bindegewebige Faserzüge enthält, wodurch sie wesentlich derber und fester als die graue Substanz erscheint.

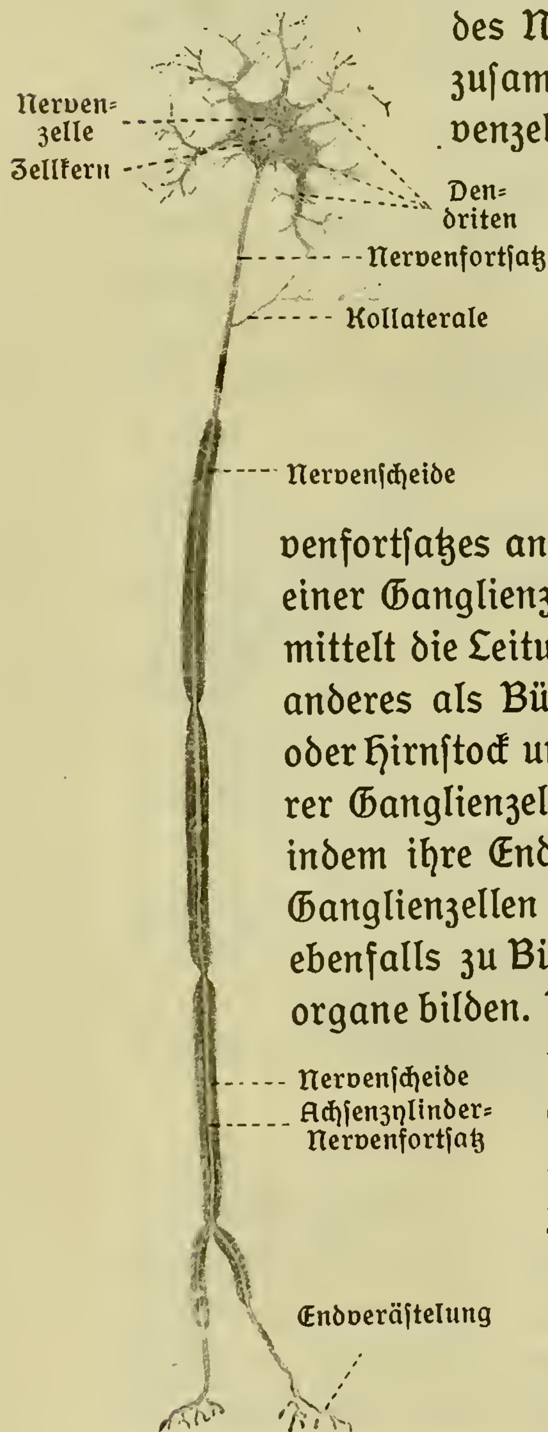


Abb. 156. Schematische Darstellung einer Nerveneinheit (Neuron) des Menschen. (Nach Zander.)

Reize können nur auf die erwähnte Art, also nur vermittels der Endbäumchen der Nervenfasern oder der Verästelungen

der Dendriten von einer Nerveneinheit zur anderen übergehen, etwaiges Überspringen von einem Nervenfortsatz zum anderen während ihres Verlaufes ist unmöglich. Die Ganglienzellen bilden also die Umschaltapparate im einzelnen. Sie hängen, wie wir noch sehen werden, in der vielseitigsten Weise miteinander zusammen. Trotzdem ist durch diese Anordnung dafür gesorgt, daß jeder Reiz geordnet seinen Bestimmungsort erreicht. Der Nervenfortsatz und die Dendriten sind Ausläufer der Ganglienzelle und deshalb nur lebensfähig, solange sie mit ihrer Ganglienzelle in Verbindung bleiben. Daher müssen alle Nervenfasern bei Durchtrennung peripher von der Durchtrennungsstelle zugrunde gehen. Man nennt die Ganglienzellen daher auch das Ernährungszentrum oder trophische Zentrum der Nervenfasern.

B. Das Zentralnervensystem.

a) Das Rückenmark.

Das Rückenmark ist ein Strang, der im Wirbelkanal in der Längsrichtung des Körpers verläuft. (Abb. 14 und 157.) Es reicht nach unten etwa bis zum 1. Lendenwirbel und löst sich dann in einzelne dicke Bündel von Nervenfasern auf. Das Rückenmark ist durch je einen vorn und hinten längs verlaufenden Einschnitt in der Medianlinie in zwei symmetrische Teile geteilt. (Abb. 158.) Der hintere Einschnitt ist nur angedeutet, der vordere reicht bis nahe an den das Rückenmark längs durchziehenden Zentralkanal. Die weiße Substanz liegt auf dem Querschnitt des Rückenmarkes außen, die graue Substanz in der Mitte in Form eines lateinischen H, dessen wagerechter Strich die graue Substanz der rechten und linken Rückenmarkseite verbindet. Die verbreiterten beiden vorderen Enden der senkrechten Striche des H heißen Vorderhörner, die hinteren Enden Hinterhörner. Die Empfindungsfasern verlaufen hinten in den Hintersträngen zum Gehirn, die Erregungsfasern vorn oder seitlich in den Pyramidensträngen des Rückenmarkes. Entsprechend den Zwischenwirbellöchern treten 31 Paare periphere Nerven aus dem Rückenmark aus. Jeder Nerv hat eine vordere Wurzel, die Erregungsfasern führt, und eine hintere Wurzel, die Empfindungsfasern führt. Beide Wurzeln vereinigen sich im Zwischenwirbelloch zu dem Nerven mit gemischten Nervenfasern. In die hintere Wurzel ist das

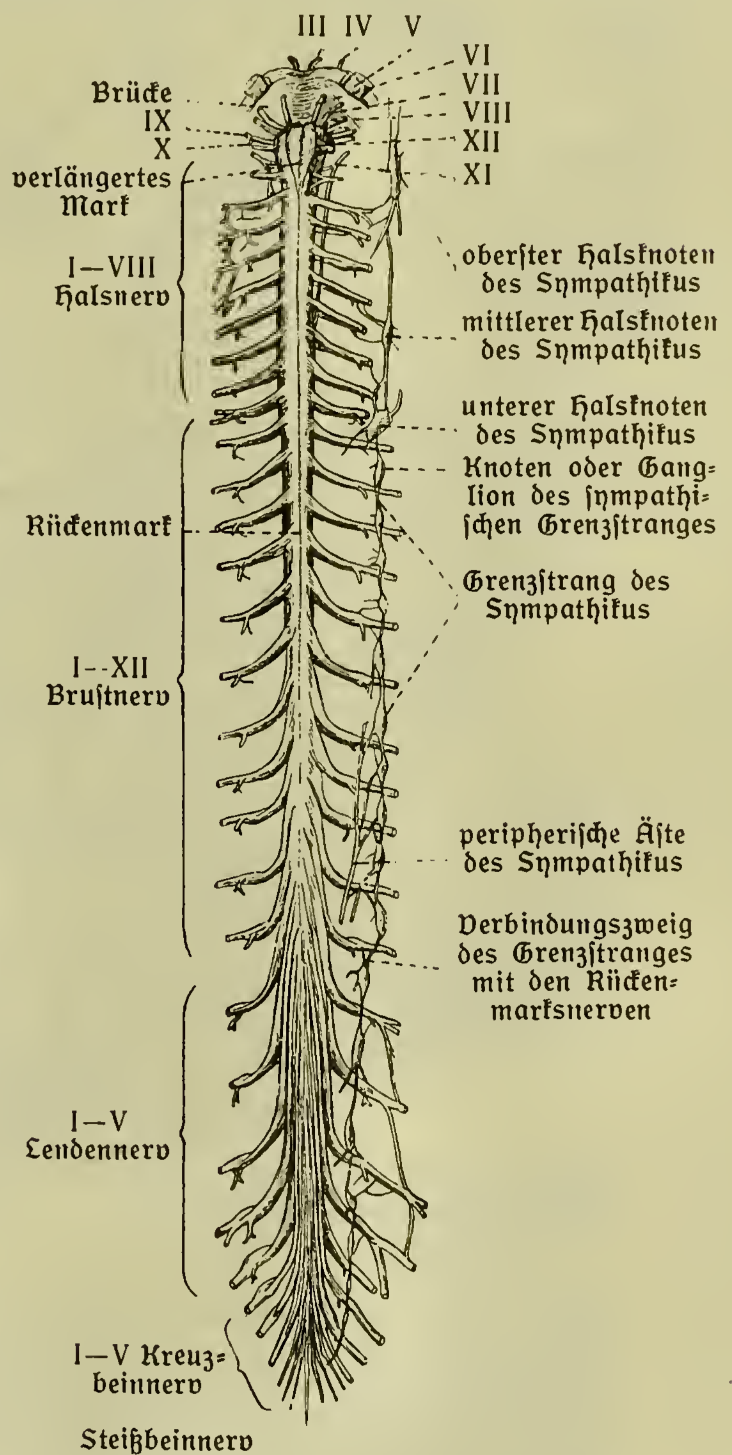


Abb. 157. Rückenmark, oben in Verbindung mit verlängertem Mark und Anfang des Hirnstockes.
3.—12. Hirnnerven. III.—XII. Rückenmarksnerven. Linker Sympathikus. (Nach Zander.)

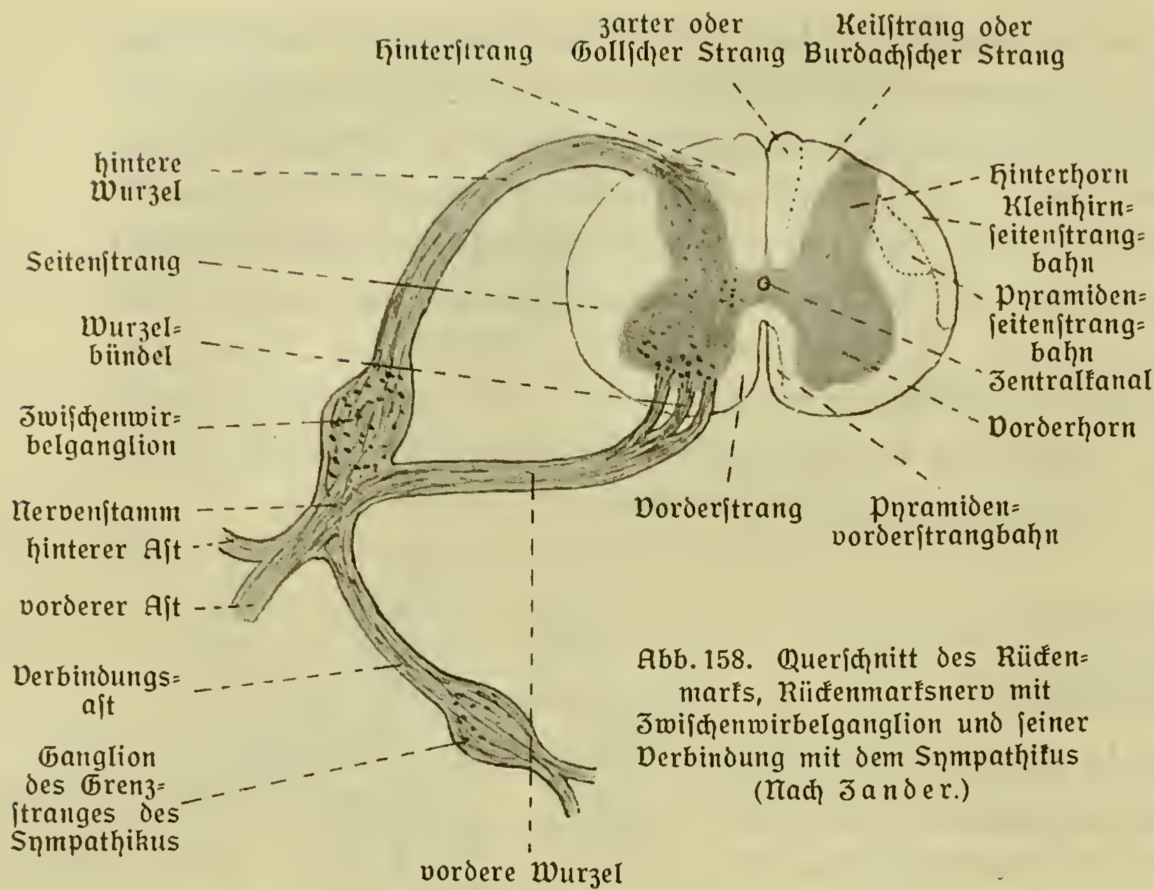


Abb. 158. Querschnitt des Rückenmarks, Rückenmarksnerv mit Zwischenwirbelganglion und seiner Verbindung mit dem Sympathikus (Nach Zander.)

Zwischenwirbelganglion eingelagert. Den obersten Teil des Rückenmarkes hat man als „verlängertes Mark" besonders bezeichnet. Alle Nervenfasern, die in der weißen Substanz verlaufen, kreuzen entweder im Rückenmark oder im verlängerten Mark nach der anderen Seite hinüber, so daß die linke Gehirnhälfte der rechten Körperhälfte vorsteht und umgekehrt.

b) Das Großhirn.

Das Gehirn besteht aus dem Großhirn und dem Kleinhirn. (Abb. 159.) Beide sind durch den Hirnstock untereinander und mit dem Rückenmark verbunden. Aus diesen Gründen liegen im Hirnstock mehrere Anhäufungen von Ganglienzellen, deren Dendriten die Einschaltung der Verbindungen der verschiedenen Zentralorgane vermitteln. Das Gehirn füllt die ganze Schädelhöhle aus und bildet die Hauptmasse des Zentralnervensystems, während das Rückenmark nur seine strangförmige Verlängerung ist. v. Ranke vergleicht Rückenmark und Gehirn zusammen mit einer Keule, deren Handgriff das Rückenmark, deren schwerer, kugeliger Kopf das Gehirn bildet. Eine von hinten tief ein-



Abb. 159. Linke Großhirnhemisphäre des Menschen von der Seite gesehen. (Nach Verworn.)

Links das Stirnteil, rechts das Hinterhauptteil. An das Großhirn schließen sich auf dem Bilde rechts unten das Kleinhirn K und das verlängerte Mark (Medulla oblongata) M an, das sich in das Rückenmark fortsetzt. Unter den zahlreichen Furchen ist hier als tiefste Furche des ganzen Gehirns die Sylvische Furche (Fossa Sylvii), die sich von der Basis nach rechts hinten hinaufzieht, besonders deutlich zu sehen. Sie teilt den Schläfenlappen, Lobus temporalis (unten) von dem Stirnlappen, Lobus frontalis (links) und dem Scheitellappen, Lobus parietalis (oben in der Mitte). Ferner hebt sich deutlich ab die Zentralfurche (Fossa centralis), welche, von oben nach unten gegen die Sylvische Furche verlaufend, den Stirnlappen vom Scheitellappen trennt. Der rechts auf der Abbildung, also nach hinten gelegene Großhirnabschnitt bildet den vierten großen Hirnlappen, den Hinterhauptlappen (Lobus occipitalis).

schneidende Furche teilt das Gehirn in das vorn oben gelegene Großhirn und das hinten unten gelegene Kleinhirn. Die Größe von Großhirn und Kleinhirn verhält sich etwa wie 8 : 1.

Das Großhirn ist nur beim Menschen als Sitz der höheren geistigen Eigenschaften so stark entwickelt. Doch kann man die geistigen Eigenschaften eines Menschen durchaus nicht immer nach dem Gewicht des Großhirnes beurteilen. Freilich gibt es eine untere Grenze für das Gewicht des Großhirnes eines vollsinnigen Menschen, die etwa bei 1000 g liegen mag. Der Durchschnitt des Gehirngewichts beträgt zwischen 1200 und 1400 g. Die Gehirne der Männer sind durchschnittlich größer als die der Frauen. Das Großhirn wird durch die große Mittelspalte in die beiden Großhirnhalbkugeln oder Hemisphären geteilt. (Abb. 160.) Die Mittelspalte ist 3—4 cm tief, verläuft sagittal und trennt die Großhirnhemisphären vorn und hinten vollständig, während ein Mittelteil des Großhirns, der aus Fasern bestehende Balken, beide Halbkugeln verbindet. (Abb. 161.) Die große Mittelspalte wird durch die große Hirnsichel, eine Längsfalte der harten Hirnhaut, die sich bis auf den Balken hineinsenkt, offen gehalten. Der Balken liegt gleichzeitig als Dach über der mittleren Hirnhöhle, die eine Fortsetzung und Erweiterung des Zentralkanales des Rückenmarkes im Hirnstock darstellt. Zu beiden Seiten der mittleren Hirnhöhle liegen die seitlichen Hirnhöhlen in den entsprechenden Halbkugeln des Großhirnes. Sämtliche Hirnhöhlen sind beim gesunden Menschen ganz schmale Spalten ohne jede räumliche Ausdehnung.



Abb. 160. Großhirn des Menschen, von oben gesehen. Die Mittelspalte scheidet das Großhirn in die rechte und linke Hemisphäre. Unter den zahlreichen Furchen der Oberfläche hebt sich hier die Zentralfurche (Fossa centralis), welche jede Hemisphäre in einen vorderen und einen hinteren Abschnitt teilt, besonders deutlich ab. (Nach Verworn.)

Jede Großhirnhemisphäre zeigt tiefere und flachere Furchen. Die wichtigste Furche ist die Sylvische Spalte, die an der Außenfläche des Großhirnes vom vorderen Drittel seiner Unterseite nach oben hinten verläuft und die entsprechenden Teile des Großhirns fast völlig voneinander trennt. (Abb. 159.) Die Tiefe der Spalte ist äußerlich nicht sofort zu erkennen, da die Gehirnteile dicht aneinander liegen. Die Lage der einzelnen Großhirnlappen läßt sich am besten nach der Sylvischen Spalte bestimmen. Die Stirnlappen liegen vor, die Schläfenlappen unter der Sylvischen Spalte, die Scheitellappen,

die durch die Zentralfurche gegen die Stirnlappen abgegrenzt werden, schräg hinten oben von der Sylvischen Spalte. Der übrigbleibende hintere Teil des Großhirnes sind die Hinterhauptslappen, die vom Kleinhirn bedeckt werden. Außer den genannten Furchen gibt es noch ein großes Gewirr kleiner Furchen. Die von kleinen Furchen abgegrenzten Gehirnteile nennt man Gehirnwindungen. Die Oberfläche des Großhirnes, die Großhirnrinde, der wichtigste Teil des Nervensystems, wird durch die Furchen bedeutend vergrößert.

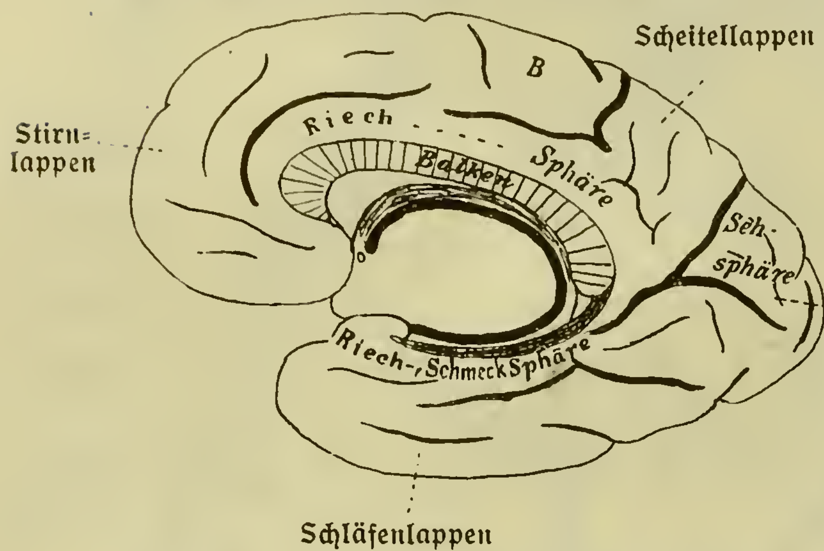


Abb. 161. Innere Fläche des Großhirns mit den wichtigsten regelmäßig vorhandenen Furchen und Windungen. Motorisches Zentrum für die Bewegung des Beines (*B*). Riech- und Sehsphäre. (Nach Zander.)

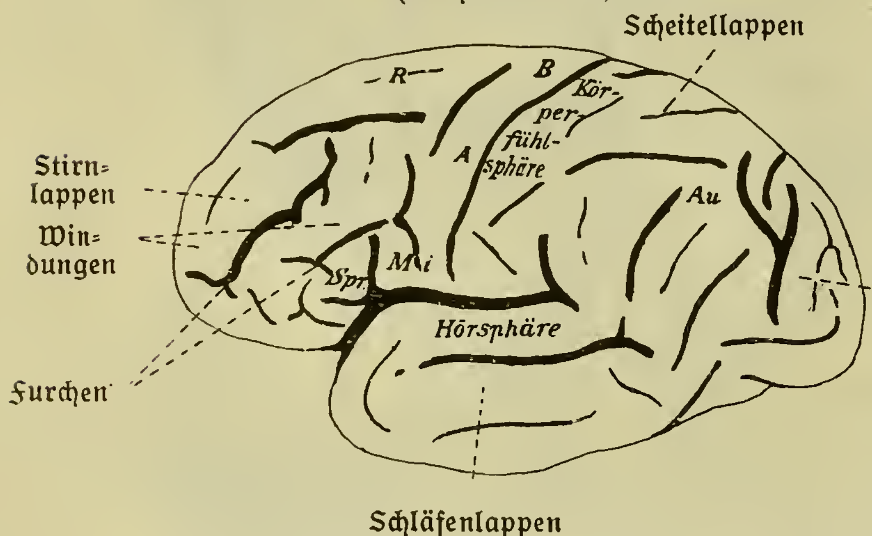


Abb. 162. Äußere Fläche des Großhirns mit den wichtigsten regelmäßig vorhandenen Furchen und Windungen. Motorische Zentren für die Bewegung des Armes (*A*), Beines (*B*), des Rumpfes (*R*), der Gesichtsmuskeln (*Mi*), der Augenmuskeln (*Au*) und der Sprechmuskeln (*Spr.* = Sprachzentrum). (Nach Zander.)

Die Großhirnrinde besteht aus grauer Substanz, enthält also Ganglienzellen. Und zwar sind diese Ganglienzellen die Endstationen der Empfindungsleitung und die Anfangsstationen der Erregungsleitung, also die eigentlichen Werkzeuge, deren sich die Seele bedient, um mit dem Körper in Beziehung zu treten. Wir kennen einen Teil der Stellen der Großhirnrinde, die bestimmte Empfindungseindrücke oder bestimmte Willensimpulse oder bestimmtes geistiges Verständnis vermitteln, z. B. das Sprachzentrum, das Sehzentrum, das Zentrum für das Wortverständnis, das Bewegungszentrum der einzelnen Körperteile. Doch kann darauf nicht näher eingegangen werden. (Abb. 161 u. 162.)

Graue Substanz findet sich nicht nur in der Großhirnrinde, sondern auch um die Hirnhöhlen herum, das sogenannte Höhlengrau. (Abb. 163.) Es enthält natürlich ebenfalls Ganglienzellen, und zwar zur Umschaltung für die Hirnnerven. Der übrige Teil des Großhirnes besteht aus weißer Substanz, deren Nervenfasern umgeschaltete Fortsetzungen der Nervenfasern des Rückenmarkes, der Verbindungen mit dem Kleinhirn und der Fasern der Hirnnerven sind. Sie verlaufen zum größten Teil strahlenförmig. Dazwischen liegen längs und quer verlaufende Fasern, die die einzelnen Teile der Hirnrinde oder der beiden Hemisphären (durch die Querfasern des Balkens) miteinander verbinden.

c) **Das Kleinhirn.**

Das Kleinhirn hat wie das Großhirn zwei Hemisphären, die hinten durch eine seichte Furche, unten durch einen breiteren Einschnitt, in den sich das verlängerte Rückenmark einlegt, nur unvollkommen voneinander getrennt sind. (Abb. 163.) Man kann am

Kleinhirn eine obere und eine untere konvex gerundete Fläche unterscheiden, die durch einen abgerundeten Rand ineinander übergehen. Das breite Verbindungsstück der Hemisphären wird Wurm genannt und bildet das Dach der im verlängerten Mark liegenden 4. Hirnhöhle. Das Kleinhirn wird durch horizontal verlaufende Furchen in mehrere Lappen geteilt. Es ist bei schwierigen Koordinationen, im besonderen bei der Erhaltung des Gleichgewichtes tätig.

Die graue Substanz liegt auch im Kleinhirn in der Rinde, dringt aber weit und mit zackiger Grenze in das Innere ein, so daß die weiße Substanz nur schmal ist und auf dem Durchschnitt die Form eines Baumes bildet, den man früher als Lebensbaum bezeichnete.

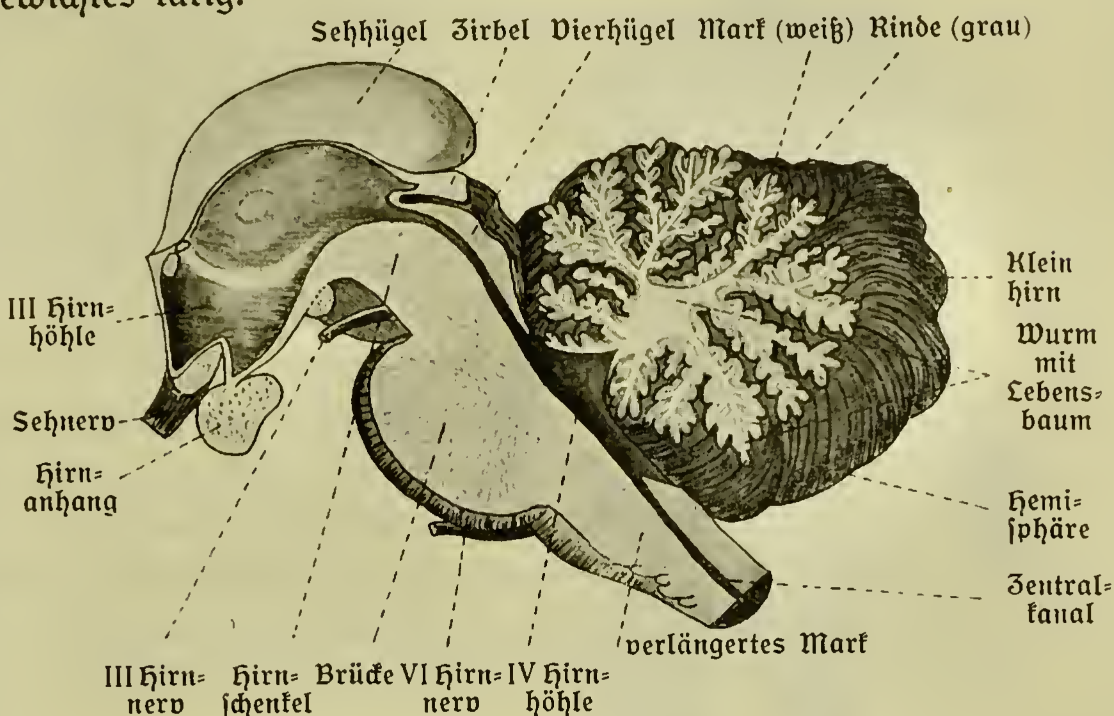


Abb. 163. Kleinhirn, Hirnstock und verlängertes Rückenmark. Längsschnitt durch die Mittellinie. (Nach Reichert.)

Die Nervenfasern verlaufen im Kleinhirn ebenfalls strahlenförmig oder quer und durch den Wurm von einer Hemisphäre zur anderen. Das Kleinhirn steht durch besondere Nervenfasern mit Rückenmark und Großhirn in Verbindung.

d) Das verlängerte Rückenmark und der Hirnstock.

Das verlängerte Rückenmark birgt die 4. Hirnhöhle, eine Erweiterung des Zentralkanales des Rückenmarkes, in sich. (Abb. 163.) Am Boden der 4. Hirnhöhle befindet sich graue Substanz, in der das Atemzentrum, das Herzregulierungszentrum, das Gefäßzentrum und das Zentrum für den Zuckerstoffwechsel liegen. Auch der Hirnstock besitzt graue Substanz in der Umgebung der schon erwähnten mittleren Hirnhöhle, das sogenannte Höhlengrau. Die graue Substanz des verlängerten Rückenmarkes und des Hirnstockes dient zur Umschaltung der Hirnnerven, der Bahnen zwischen Großhirn, Kleinhirn und Rückenmark und zwischen verwickelten Empfindungsbahnen und Bewegungsbahnen. Das verlängerte Rückenmark und der Hirnstock sind daher auch, wie das Rückenmark, für Reflexe von Bedeutung, ferner bei der Erhaltung des Gleichgewichtes beim Gehen und Stehen und anderen Haltungen, kurz, für komplizierte Koordinationen, soweit sie ohne Beteiligung des Bewußtseins verlaufen.

e) Die Gehirn- und Rückenmarkshäute.

Das Gehirn ist von drei Häuten, der weichen Hirnhaut, der Spinnwebenhaut und der harten Hirnhaut umgeben. Die beiden inneren Hirnhäute, die weiche Hirnhaut und die Spinnwebenhaut, sind mit der Oberfläche des Gehirnes verbunden. Die harte Hirnhaut ist überall mit den Schädelknochen verwachsen und ersetzt auf der Innenfläche des Schädels die Knochenhaut. Die drei Hirnhäute setzen sich nach unten

fort und umgeben als weiche Haut, Spinnwebenhaut und harte Haut das Rückenmark in gleicher Weise wie das Gehirn. Zwischen der weichen Haut und der Spinnwebenhaut findet sich am Gehirn und am Rückenmark stets eine ziemliche Menge seröser Flüssigkeit, die Hirnrückenmarksflüssigkeit.

C. Die peripheren Nerven.

Man unterscheidet die 12 Hirnnervenpaare und die 31 Rückenmarksnervenpaare. Ein grundsätzlicher Unterschied besteht zwischen beiden Arten von Nerven nicht. Die Hirnnerven haben ihre Umschaltungsstation im Höhlengrau des Hirnstockes oder verlängerten Rückenmark, die Rückenmarksnerven in den Vorder- und Hinterhornzellen des Rückenmarkes und den Zwischenwirbellochganglien (Spinalganglien).

a) Die Hirnnerven.

Die Hirnnerven versorgen den oberen Teil des Körpers, also das Sehorgan, das Gehörorgan, das Geruchsorgan und das Geschmacksorgan. Ferner führen sie die Empfindungsfasern für die Gesichtshaut und den größten Teil der Kopfhaut, sowie Erregungsfasern für die Gesichtsmuskeln, Kaumuskeln, Kopfhalter und Kappenmuskel. Außerdem versorgt der 10. Hirnnerv, der nervus vagus (= herumschweifender Nerv, da er sich soweit nach dem unteren Teil des Körpers verliert), den Kehlkopf, die Luftröhre, die Lungen, das Herz, den Schlund, die Speiseröhre und den Magen.

b) Die Rückenmarksnerven.

Die Rückenmarksnerven entstehen, wie oben beschrieben, aus der hinteren und vorderen Wurzel. (Abb. 158.) Sie teilen sich dann in einen kurzen hinteren und einen langen vorderen Ast, deren jeder Erregungs- und Empfindungsfasern gemischt enthält. Die hinteren Äste versorgen die Streckmuskeln des Rückens und Nackens mit Bewegungs-(Erregungs-)fasern, die Haut des Nackens und Rückens mit Empfindungsfasern. Die vorderen Äste vereinigen sich in größeren Gruppen zu sogenannten Nervengeflechten, aus denen dann die Nerven entspringen, die die einzelnen Körpergegenden versorgen. (Abb. 164.)

1. Das Nackennervengeflecht entsteht aus den vier obersten Halsnerven. Es versorgt die Hals- und Nackenmuskeln und das Zwerchfell mit Bewegungsfasern, die hintere Kopfhaut und die Haut des Halses mit Empfindungsfasern.
2. Das Armnervengeflecht entsteht aus den vier untersten Halsnerven und den obersten Brustnerven und versorgt die Beweger des Schultergürtels und Armes mit Bewegungsfasern, die Haut dieser Gegenden mit Empfindungsfasern.
3. Die Brustnerven bilden kein Geflecht, sondern verlaufen den Rippen parallel an der Innenfläche der Brust- und Bauchhöhle und versorgen die Brust- und Bauchgegend.
4. Das Lendennervengeflecht entsteht aus den vier obersten Lendennerven und versorgt die Unterbauchgegend, die kleinen Hüftmuskeln und die Wadenseite des Oberschenkels.
5. Das Kreuzbeinnervengeflecht entsteht aus den übrigen Rückenmarksnerven und versorgt den Rest der unteren Gliedmaßen.

Das Armnervengeflecht und das Kreuzbeinnervengeflecht sind die größten dieser Nervengeflechte. Das Rückenmark ist an ihren Ursprungsstellen zur Hals- und Lendenanschwellung verdickt.

Die aus den Nervengeflechten entstehenden eigentlichen Nervenstämme folgen größtenteils den Blutgefäßen in ihrem Verlauf und sind mit ihnen zum Gefäßnervenbündel vereinigt. Der größte Nerv des Körpers ist der nervus ischiadicus, die Fortsetzung des Kreuzbeinnervengeflechtes. Er hat mehr als Bleistiftdicke und tritt unter den Gesäßmuskeln hervor, verläuft an der Hinterseite des Oberschenkels bis zur Kniekehle und dann weiter bis zum Fuß. Schmerzen in diesem Nerven sind als Ischias bekannt. Ähnlich bekannt ist der 5. Hirnnerv, der die Empfindungsfasern des Gesichts enthält, durch die Gesichtsneuralgie.

Die peripheren Nerven sind, da sie Bewegungsfasern und Empfindungsfasern gemischt enthalten, keine physiologischen, sondern rein örtlich anatomische Einheiten. Die Bewegungsfasern und Empfindungsfasern selbst sind völlig gleich gebaut.

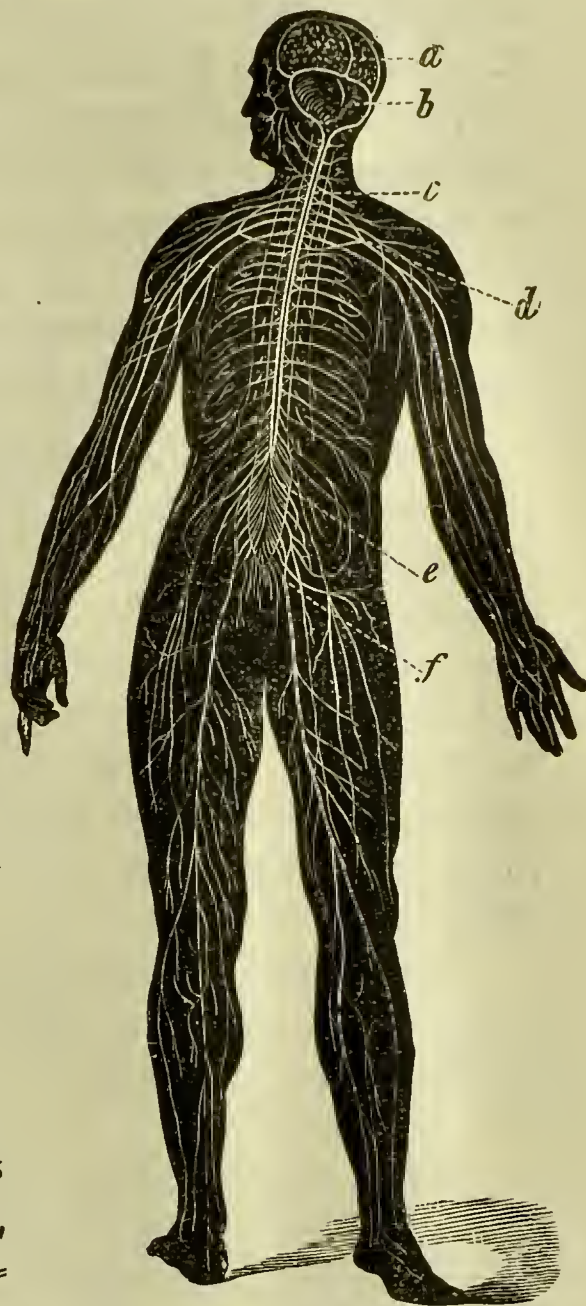


Abb. 164. Nervensystem des Menschen. *a* Großhirn, *b* Kleinhirn, *c* Rückenmark, *d*, *e*, *f* Nerven. (Nach Bail.)

D. Der sympathische Nerv und andere selbständige Nervenzentren.

a) Der sympathische Nerv.

Der sympathische Nerv, auch Grenzstrang des Sympathikus genannt, ist ein bindfadendicker Strang, der sich zu beiden Seiten der Wirbelkörper vom 1. Halswirbel bis zum Steißbein erstreckt. (Abb. 157, 158.) Er nimmt eine Zwischenstellung zwischen Zentralorgan und peripherem Nerv ein; er ist peripherer Nerv, insofern er Nervenfasern enthält, die zu peripheren Körperteilen führen; er ist Zentralorgan, sofern in ihm selbst die zu den Nervenfasern gehörigen Ganglienzellen liegen, und zwar in den Ganglien, die in den Grenzstrang des Sympathikus eingeschoben sind. Diese Ganglienzellen sind Umschaltapparate für die vom Rückenmark oder Gehirn kommenden Reize. Die Reize werden durch Nervenfasern zugeleitet, die in Verbindungsästen des sympathischen Nerven mit Rückenmark und Gehirn verlaufen und ihre Ganglienzelle in den Vorderhörnern des Rückenmarkes oder im verlängerten Rückenmark oder im Hirnstock haben.

Der sympathische Nerv führt Bewegungs-(Erregungs-)fasern für die glatten Muskelfasern, die dauernd dem Einfluß des Willens entzogen sind, also 1. für die glatten Muskeln der Speiseröhre, des Magens, des Darmkanales und der Haut, 2. für die Muskeln der Pupille des Auges und 3. für die Muskeln der Blutgefäße. Die aus dem sympathischen Nerven stammenden Nervenfasern verlaufen vielfach in

anderen peripheren Nerven, z. B. die Fasern für die Muskeln der Speiseröhre und des Magens im nervus vagus. Der sympathische Nerv führt weiter Erregungsfasern für die Drüsen des Körpers, deren Reizung ebenfalls unserem Willen entzogen ist. Er soll außerdem Empfindungsfasern enthalten, die seinen Bewegungs-(Erregungs-) zentren Kunde vom Zustand der von ihm beherrschten Körperteile übermitteln, aber ohne daß uns die Kunde zum Bewußtsein kommt. Die beschriebenen Lebensvorgänge werden durch Vermittlung des sympathischen Nerven vom Zentralnervensystem aus geregelt. Der Zusammenhang des sympathischen Nerven mit dem Gehirn wird durch den Einfluß psychischer Erregung auf die Verdauung oder auf die Erweiterung oder Verengung der Hautblutgefäße bewiesen.

b) **Die Herzganglien und das Herzregulierungszentrum.**

Eine ähnliche Stellung wie der sympathische Nerv nehmen die Ganglienzellen im Herzmuskel ein. Nur sind diese Ganglienzellen noch selbständiger als die Ganglienzellen des sympathischen Nerven, da der Antrieb zur Zusammenziehung des Herzens in ihnen selbst entsteht. Es ist noch unbekannt, wie das geschieht. Aber auch diese Ganglienzellen sind nicht völlig selbständig, sondern ähnlich wie die Ganglienzellen des sympathischen Nerven mit Ganglienzellen im Zentralnervensystem, und zwar im verlängerten Rückenmark verbunden. Die Verbindungsfasern verlaufen im nervus vagus und können zum Teil den Antrieb der Herzganglien vermindern, zum Teil verstärken.

Die erwähnten Ganglienzellen im verlängerten Rückenmark, das sogenannte Herzregulierungszentrum, wird durch Anhäufung von Kohlensäure im Blut oder durch psychische Erregung gereizt.

c) **Das Atemzentrum.**

Neben dem Herzregulierungszentrum liegt im verlängerten Rückenmark das Atemzentrum, an das alle Nerven zur Reizung der verschiedenen Atemmuskeln, für die ruhige, lebhafte, angestrengte Atmung und Atemnot angeschlossen werden können. Auch dies Zentrum wird durch Anhäufung von Kohlensäure im Blut gereizt.

d) **Das Gefäßzentrum.**

Das Gefäßzentrum liegt ebenfalls im verlängerten Rückenmark und regelt vermittels des sympathischen Nerven die Weite der Blutgefäße.

E. Der Bau der Nervenfasern.

Der wichtigste Teil der Nervenfasern ist der Achsenzylinder. (Abb. 165.) Er besteht an der lebenden Nervenfaser aus weicher, fast zähflüssiger Substanz, die beim Absterben zu einzelnen feinsten Fäserchen, den Fibrillen, erstarrt. Diese Substanz befindet sich bei den peripheren Nerven in zwei Scheiden, der Markscheide und der Schwannschen Scheide. Die Markscheide besteht aus einer fettähnlichen, stark lichtbrechenden Substanz, so daß die Nervenfasern mit Markscheide, die sogenannten markhaltigen Nervenfasern, weiß aussehen. In bestimmtem Abstande von $^{1}/_{10}$—1 mm fehlt die Markscheide, so daß die Schwannsche Scheide nach innen an den Achsenzylinder gezogen ist. Dadurch entstehen Abschnürungen, die sogenannten Ranvierschen Schnür-

ringe. Die Schwannsche Scheide ist ein feines, aus gleichmäßiger Substanz bestehendes Häutchen. Die Nervenfasern haben eine Dicke von $^1/_{1000}$—$^2/_{100}$ mm.

Eine große Zahl der eben beschriebenen Nervenfasern, die durch feinstes Bindegewebe zusammengehalten werden, bildet einen peripheren Nerven, der von einer gemeinsamen Bindegewebsscheide umgeben ist. Die Dicke der peripheren Nerven schwankt je nach der Zahl der sie bildenden Nervenfasern zwischen mikroskopisch dünnen Fäden und Strängen von Bleistiftdicke, wie der nervus ischiadicus.

Die Nervenfasern in der weißen Substanz des Gehirnes und Rückenmarkes haben keine Schwannsche Scheide. Die Nervenfasern im sympathischen Nerven besitzen keine stark lichtbrechende Markscheide und sehen daher grau aus. Alle Nervenfasern entbehren kurz nach dem Austritt aus ihrer Ganglienzelle und kurz vor ihren peripheren Nervenendigungen sowohl der Markscheide als der Schwannschen Scheide.



Abb. 165. Markhaltige Nervenfaser. *A* Achsenzylinder, *K* Kern, *M* Markscheide, *S* Schwannsche Scheide, *R* Ranviersche Einschnürung. (Nach Kopsch.)

3. Tätigkeit des Nervensystemes.

Die Tätigkeit des gesamten Nervensystemes besteht darin, Reize aufzunehmen und weiterzuleiten. Das Zentralnervensystem hat noch die besondere Fähigkeit, vermittels der Ganglienzellen den Reizen eine bestimmte Richtung zu geben, die Leitung umzuschalten.

Wie Experimente ergeben haben, vermögen die Nervenfasern Reize in beiden Richtungen fortzuleiten. Dagegen vermag ein Reiz von einem Neuron auf das andere stets nur in der gleichen Richtung überzugehen. Die Umschaltregulierung besteht darin, daß der Reiz von einem Neuron sowohl auf ein zweites, als auf ein drittes und weitere andere übergehen kann. Die Nervenfaser wird daher trotz ihrer Fähigkeit, in beiden Richtungen zu leiten, stets nur in einer Richtung leiten, da sie den Reiz stets an demselben Ende erhält, die Erregungsfaser stets an ihrer Ganglienzelle, die Empfindungsfaser am entgegengesetzten Ende.

A. Leitungsbahn für die Empfindungen.

Ein Empfindungsreiz, z. B. auf der äußeren Haut, wird von den Tastkörperchen aufgenommen und durch die Empfindungsnervenfasern zu ihren Ganglienzellen im Zwischenwirbelganglion geleitet. (Abb. 166 u. 167.) Von hier geht der Reiz auf dem zweiten Fortsatz der Ganglienzelle (S. 232) der Zwischenwirbelganglien durch die hintere Wurzel in das Rückenmark über, wo er sich in den Hinterhörnern baumkronenartig verzweigt, um mit Dendriten dort gelegener Empfindungsganglienzellen in Verbindung zu treten. Hiermit endet das periphere Neuron der Empfindungsbahn, der Reiz tritt in eine andere Nerveneinheit, ein zentrales Neuron über. Die Nervenfortsätze dieser Ganglienzellen verlaufen in den Hintersträngen des Rückenmarkes bis zum verlängerten Mark, um nach Kreuzung auf die andere Seite, unmittelbar oder nach nochmaliger Umschaltung, durch die strahlenförmige Bahn der weißen Substanz des Gehirnes in Empfindungsganglienzellen des entsprechenden Zentrums der Großhirnrinde zu gelangen. Von dort aus

kommt der Reiz auf unbekannte Weise dem Geist, der Seele zum Bewußtsein. Ein Teil der Dendriten der Zwischenwirbelganglien ist länger und verläuft in den Hintersträngen bis zum verlängerten Mark, um erst dort mit Dendriten der Ganglienzellen des zentralen Neurons in Verbindung zu treten.

B. Leitungsbahn für Bewegungen.

Der Reiz für Bewegungen entsteht in den Bewegungsganglienzellen der entsprechenden Zentren der Großhirnrinde, oder besser gesagt, er wird dort auf unbekannte Weise durch den Willen erzeugt. (Abb. 166 u. 167.) Der Reiz wird dann durch die strahlenförmigen Bewegungsnervenfasern der weißen Substanz des Gehirnes bis ins verlängerte Mark geleitet, wo die Nervenfasern auf die andere Seite kreuzen und in den Pyramidensträngen des Rückenmarkes abwärts verlaufen. In der entsprechenden Höhe des Rückenmarkes treten die Nervenfasern in die Vorderhörner, wo ihre Endverzweigungen mit den Dendriten von Bewegungsganglienzellen des Rückenmarkes in Verbindung treten. Damit endet das zentrale Neuron der Bewegungsbahn, und der Reiz tritt in eine andere Nerveneinheit, das periphere Neuron der Bewegungsbahn. Die Nervenfortsätze dieser Ganglienzellen gelangen dann durch die vordere Wurzel in den peripheren Nerven, um den Reiz zu einem Muskel zu leiten und vermittels der Endbäumchen an ihn zu übertragen, wobei jede einzelne Muskelfaser ihren besonderen Reiz durch eine Nervenfaser erhält.

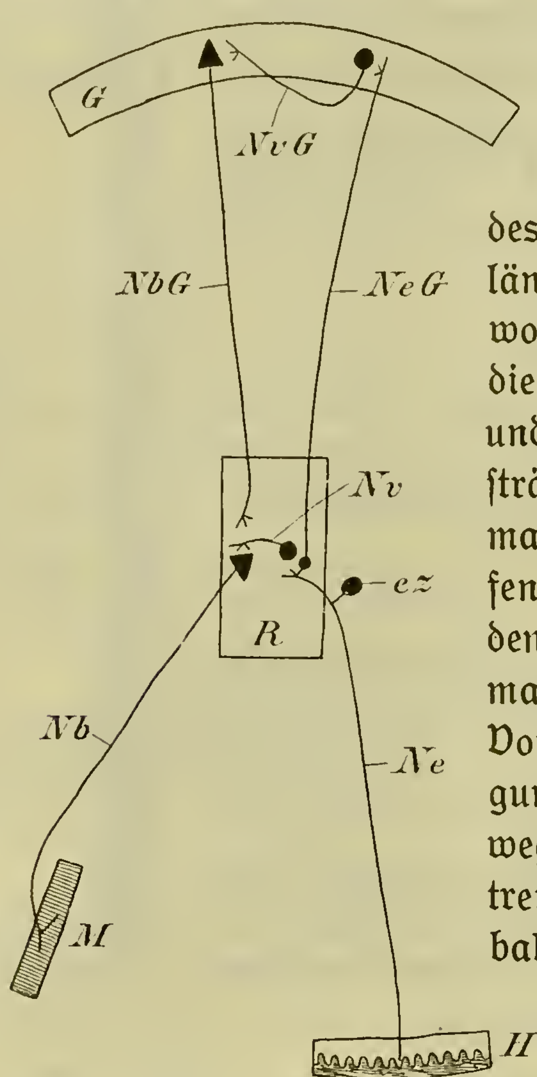


Abb. 166. Schema des Nervensystems. *G* Gehirn, *R* Rückenmark, *M* Muskel, *H* Haut, *Nb* Bewegungsnervenfaser, *Ne* Empfindungsnervenfaser, *Nv* Vermittlungsnervenfaser, *NbG*, *NeG*, *NvG* desgl. im Gehirn, *ez* Nervenzelle im Zwischenwirbelganglion. (Nach Sachs.)

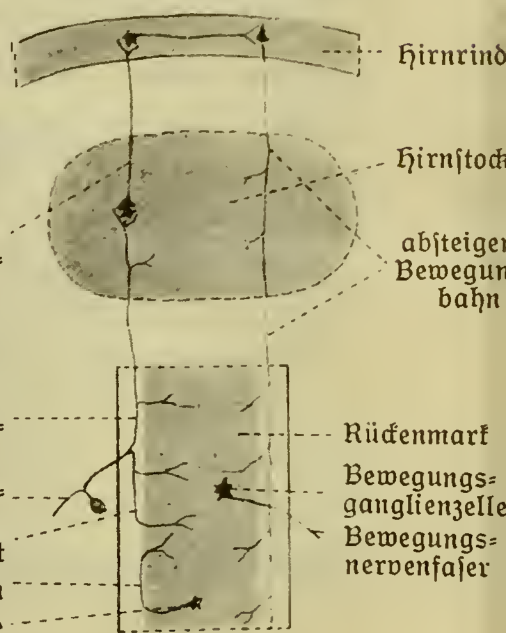


Abb 167. Schema der Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark. (Nach Zander.)

C. Die Reflexe.

Der Reiz verläuft wie bei der Empfindungsleitung bis zu den Empfindungsganglienzellen im Hinterhorn des Rückenmarkes. Dieser Teil heißt der aufsteigende Schenkel des Reflexbogens. Es folgt nun der Scheitel des Reflexbogens, vermittels dessen der Reiz auf die Bewegungsbahn übergeht. Die Nervenfortsätze der Empfindungsganglienzellen im Hinterhorn, die in den Hintersträngen des Rückenmarkes zum verlängerten Mark verlaufen, geben nämlich allenthalben unter rechtem Winkel Nebenäste sogenannte Kollateralen, ab, die in die Vorderhörner der gleichen Seite eintreten

und durch ihre verzweigten Endigungen mit Dendriten je einer Bewegungs-(Erregungs-) ganglienzelle in Verbindung treten. Damit beginnt der absteigende Schenkel des Reflexbogens. Der Reiz ist bereits in die Ganglienzellen des peripheren Neurons der Bewegungsbahn gelangt, von wo er zum Muskel verläuft, wie es unter der Leitungsbahn für Bewegungen geschildert wurde. Die Reflexbahn kann auch länger sein oder kürzer, indem der zweite Fortsatz der Ganglienzelle des Zwischenwirbelganglions unmittelbar mit Ganglienzellen im Vorderhirn in Verbindung tritt. (Abb. 168, 169, 170.)

Die meisten Reflexe stellen recht zusammengesetzte Bewegungen dar. Ein verhältnismäßig einfacher Reflex ist die Verengung der Pupille, da hier nur der eine glatte Muskel sich zusammenziehen muß. Aber auch da verläuft der Reiz schon auf einer großen Zahl von Bewegungsnervenfasern des sympathischen Nerven, da ja jede einzelne glatte Muskelzelle ihren Reiz erhalten muß. Die meisten Reflexe sind verwickelter, da sie eine große Zahl von Muskeln in Bewegung setzen, z. B. der Würgreflex.

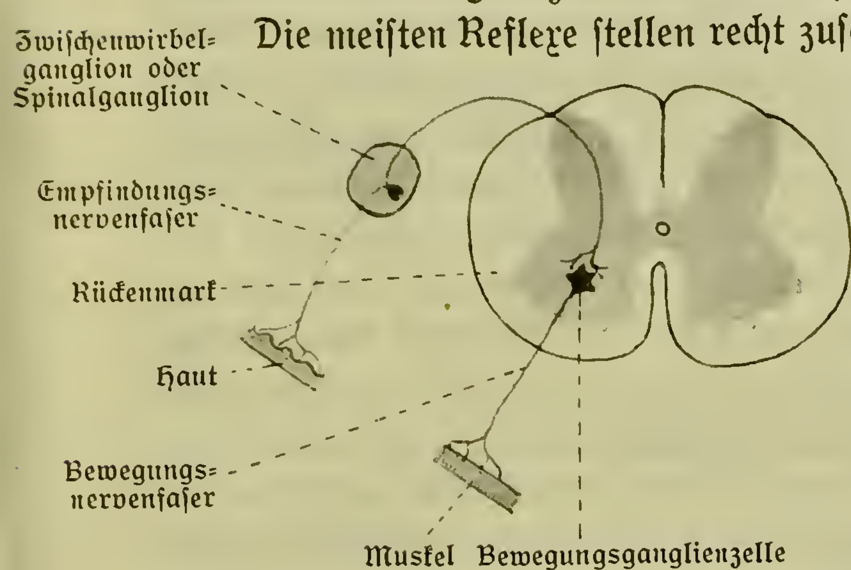


Abb. 168. Schema eines Reflexes. (Nach Zander.)

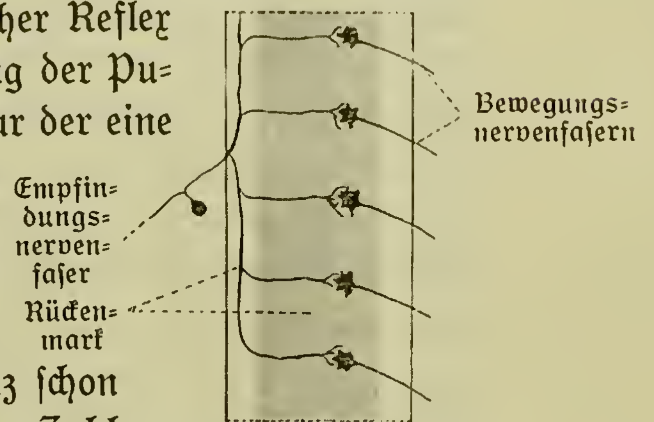


Abb. 169. Schema von der reflektorischen Erregung mehrerer Muskeln von einer sensiblen Faser aus. (Nach Zander.)

Auch die komplizierte Atembewegung ist ein reflektorischer Vorgang. Nur wird hier der Reflex nicht durch einen äußeren Reiz ausgelöst, der Reiz (Überladung des Blutes mit Kohlensäure) wirkt vielmehr unmittelbar auf Ganglienzellen im verlängerten Rückenmark (des schon genannten Atemzentrums).

Die Reflexe verlaufen rein automatisch. Die in Frage kommenden Bewegungsganglienzellen sind für den entsprechenden Empfindungsreiz stärker empfindlich als andere Ganglienzellen und müssen den Reiz daher in der geregelten Weise des Reflexes weitergeben. Diese stärkere Empfindlichkeit ist bei den Reflexen angeboren. Die ganze Verdauung, sowohl die Bewegungen des Verdauungskanales als die Absonderungen der Drüsen erfolgen reflektorisch. Die verschiedenen Nahrungsstoffe, ja der Gedanke an sie geben für die Verdauungsdrüsen verschiedene Reize zu verschieden zusammengesetzten Absonderungen ab, wie sie gerade zur Verdauung der bestimmten Nahrung am günstigsten sind. Dabei ist aber ein Unterschied zwischen Reflexen im Gebiete der glatten und der quergestreiften Muskeln. Auf die Reflexauslösung der glatten Muskeln haben wir keinerlei willkürlichen Einfluß. Dagegen können wir die Reflexvorgänge in der quergestreiften Muskulatur durch große Willensanstrengung vermittels hemmender Einflüsse der Großhirnrinde, die auf besonderen Hemmungsnervenfasern ver-

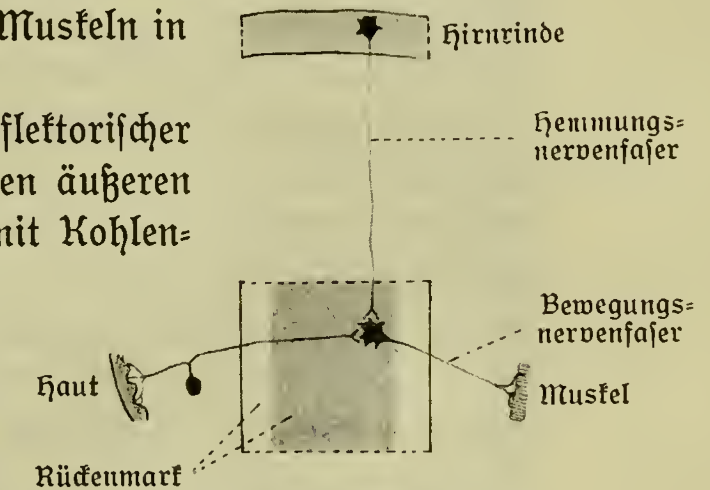


Abb. 170. Schema der Reflexbewegungen. (Nach Zander.)

16*

laufen, unterdrücken. Hat der Empfindungsreiz aber eine bestimmte Stärke, so müssen wir z. B. doch niesen, und zwar stärker als ohne den Hemmungsversuch.

D. Die willkürlichen Bewegungen.

Beim erwachsenen Menschen verlaufen auch die willkürlichen Bewegungen des täglichen Lebens automatisch. Nur der ursprüngliche Reiz geht nicht von der Empfindungsbahn aus, sondern wird vom Willen in den Bewegungsganglienzellen der Großhirnrinde erregt. Dann aber verläuft der Reiz automatisch durch die gewohnheitsmäßig stärker reizbaren Ganglienzellen, die den der Bewegung entsprechenden Muskeln vorstehen. Dabei sind die Ganglienzellen der Nerven einiger Muskeln, die mehr leisten müssen, stärker reizbar als die anderer Muskeln, die für eine zweckvolle Bewegung sich nur wenig oder mit geringer Kraft zusammenzuziehen haben. Doch sind die Bewegungsnerven nicht allein tätig. Dauernd kommen Meldungen über die Lage unserer Glieder auf Empfindungsnervenfasern, um die Stärke der Reize für die einzelnen Muskelnerven zu regeln und Hemmungen für die Bewegungsganglienzellen anzuregen. Das einfache Gehen und Stehen, jede einfache Turnübung, z. B. der Klimmzug, erfordern die Arbeit einer sehr großen Zahl von Muskeln in der verschiedensten Art und Stärke. Dazu gehört nach dem Gesagten ein ungemein komplizierter Nervenapparat, in dem Bewegungs- und Empfindungsnerven mit ihren Ganglienzellen die richtig abgestufte Reizbarkeit besitzen müssen. Diese ganze Tätigkeit des Nervensystems heißt Koordination. Sie erfolgt bei den Bewegungen des täglichen Lebens automatisch, nachdem die einzelnen Nervenzellen durch Übung den gerade geeigneten Grad von Reizbarkeit erlangt haben. Das wird am leichtesten bei Bewegungen erreicht, die in stets gleichbleibender Übungsfolge wiederholt werden, wie es beim Gehen, aber auch beim Rudern, Schwimmen, Radfahren der Fall ist. Das Gehen erfordert bei der dauernden Verlegung des Schwerpunktes und der großen Zahl der arbeitenden Muskeln sehr feine Koordination, und doch genügt ein geringer, fast unbewußter Willensimpuls, die Bewegung auszulösen, die dann wie ein Uhrwerk von selbst weiterläuft. Die Koordination wird durch Taktmäßigkeit weiter erleichtert, wie man beim Marsch nach dem Takt der Musik oder dem Singen eines Wanderliedes leicht ersehen kann.

Die Koordination des Gehens ist dem Menschen nicht angeboren. Das Kind muß sie mühsam erlernen, wenn es auch eine Anlage dazu mit auf die Welt bringt. Es setzt jeden Schritt mit besonderer Absicht und bedächtig, um den regulierenden Empfindungsreizen nachzukommen, wobei es doch noch oft genug täppisch daneben haut. Erst lange Übung stuft die Reizbarkeit der einzelnen Ganglienzellen richtig ab. Bewegungen wie Gehen, deren Koordination besonders leicht automatisch wird, werden Gewohnheitsbewegungen genannt. Hierher gehören ferner bestimmte berufsmäßige Bewegungen, wie Dreschen mit dem Dreschflegel, das Handnähen mit der Nadel beim Schneider, von Leibesübungen neben den verschiedenen Arten des Gehens und Laufens besonders das Rudern, das Schwimmen und das Radfahren. Sie verlaufen so automatisch, daß das bewußte Denken und die Aufmerksamkeit für andere Tätigkeiten völlig frei bleiben. Es ist möglich, mehrere Gewohnheitsbewegungen zu gleicher Zeit vorzunehmen und dabei noch geistig zu arbeiten. Dahin gehört die Gewohnheit mancher

Menschen, 1. gewohnheitsmäßig zu gehen, 2. gewohnheitsmäßig dabei zu rauchen und 3. dabei geistige Arbeit zu leisten, die volle Aufmerksamkeit erfordert. Diese Menschen haben bei der dreifachen Beschäftigung die besten Gedanken, während es unmöglich ist, zu gleicher Zeit die Aufmerksamkeit bewußt auf zwei Dinge zu richten. Das Bewußtsein ist eben bei den Gewohnheitsbewegungen völlig ausgeschaltet. Die Gewohnheitsbewegungen belasten daher das Gehirn, den Sitz des Bewußtseins, nur wenig. Doch kommt es dabei auf die Art der Ausführung der Übungen an. Setzt man nämlich das Gehen und die anderen genannten Bewegungen bis zur völligen Ermüdung fort, oder wird das Laufen Schnellauf, das Rudern zum Schnellrudern mit ihrer gewaltigen Kraftaufwendung, so muß der Wille ganz gewaltige Reize ausüben, wodurch das Gehirn auch bei den Gewohnheitsbewegungen zu großer Kraftanstrengung gezwungen wird.

Auch die übrigen willkürlichen Bewegungen, die nicht automatisch werden, verlaufen nur teilweise bewußt. Unser Wille erstreckt sich nur auf die Bewegung im ganzen, während die Reize für die einzelnen dazu nötigen Muskeln uns nicht bewußt werden.

E. Übung der Koordination.

Die Koordination ist zunächst grob, so daß einzelne Muskeln zu starke Reize erhalten oder Muskeln oder Muskelteile gereizt werden, die bei der gewollten Bewegung gar nicht in Frage kommen. Zum Ausgleich dieser überflüssigen oder zu starken Zusammenziehungen müssen andere Muskeln zur Arbeit veranlaßt werden, die bei richtiger Koordination vielleicht gar nicht oder weniger tätig wären. Alle diese zwecklosen oder zweckwidrigen Muskelzusammenziehungen heißen Mitbewegungen. Sie müssen durch Übung der Koordination allmählich ausgeschaltet werden. Man spart dabei infolge gut abgestufter Reizbarkeit der Ganglienzellen nicht nur Nervenkraft, sondern durch Ausfallen der Mitbewegungen auch Muskelkraft. Man muß bei einfachen und bei schwierigeren Bewegungen von Anfang an auf die Unterdrückung der Mitbewegungen achten. Sie setzen sich sonst in dem Gefüge der Koordination der betreffenden Übung fest und treten stets wieder auf, sobald die übrigen dazugehörigen Muskelgruppen tätig sind. Es ist daher viel schwieriger, sich alte Fehler bei Leibesübungen abzugewöhnen, als eine Übung ganz neu zu lernen. Aus dem gleichen Grunde werden neue Übungen bei denen Teile von alten Muskelgruppen beteiligt sind, zunächst ungeschickt ausgeführt. Immer erfolgen Mitbewegungen von Muskeln, die bei der Koordination der früheren Übung mit den jetzt gebrauchten Muskeln zusammengeschaltet waren. Nur vielseitig geübte Menschen, die an verschiedenartige Koordination ihrer Muskelgruppen gewöhnt sind, lernen auch neue Übungen leichter, da die Zusammenhänge ihrer Koordination beweglicher sind. Die Menschen lernen das Ausschalten von Mitbewegungen verschieden leicht. Danach unterscheidet man geschickte und ungeschickte Menschen.

Die richtige Koordination für neue Bewegungen wird durch Nachahmung erleichtert. Daher kann man eine vorgeturnte Übung oft sofort nachturnen, während die Einstellung der Koordination nach einem Wortbefehl auch bei verhältnismäßig einfachen Übungen längere Zeit in Anspruch nimmt und oft auch dann noch falsch wird. Die Pause nach dem Ankündigungskommando bei Freiübungen soll Zeit zum Einstellen der Koordination auch bekannter Übungen lassen. Die Gleichgewichtsübungen

erfordern eine besonders schwierige Koordination und müssen daher besonders geübt werden. Die Zeit zum Einstellen der Koordination kann durch Übung allmählich abgekürzt werden. Es mag jemand Gewohnheitsübungen völlig automatisch leisten, Gemeinübungen exakt auf Kommando ausführen, schwierige Turnübungen richtig koordinieren, und doch versagt er z. B. bei plötzlichem, unvorhergesehenem Angriff, weil er nicht schnell genug koordinieren kann, nicht schlagfertig genug ist. Wirklich schwierige Turnübungen erfordern freilich stets Schlagfertigkeit, um etwa bei einem Danebengreifen nicht zu fallen, sondern durch schnelle anderweitige Koordination den Schwung aufzuhalten oder wie bei gewolltem Abgang zur Erde zu kommen. Ein guter Turner, der z. B. Reckübung an Reckübung reiht, wird das alles beherrschen, der Durchschnittsturner ist nur wenig schlagfertig, auch wenn er durch lange Übung schwierige Übungen erlernt hat. Die Schlagfertigkeit ist teilweise Anlage, kann aber durch Übung erhöht werden. Dazu ist zunächst nötig, sich möglichst viele Koordinationsgefüge zu eigen zu machen, um sie zum sofortigen Gebrauch bereit zu haben. Dann muß man die möglichst schnelle Überleitung eines Reizes von den Empfindungsnerven, sagen wir der Sehsphäre, auf die nötigen Koordinationsgefüge üben. Die Koordinationsfähigkeit bedarf der dauernden Übung, um nicht allmählich geringer zu werden. Das gilt in erster Linie von schwierigen Bewegungen, aber selbst das Gehen muß, ganz abgesehen von der Schwäche der Muskeln, nach jahrelanger Krankheit von neuem gelernt werden.

F. Die Reaktionszeit und die Übung der Schlagfertigkeit.

Die Reaktionszeit ist der Zeitraum, den eine Person von einem Wortbefehl oder sonstigen Zeichen an braucht, um die bestimmte willkürliche Bewegung auszuführen. Die Reaktionszeit setzt sich zusammen aus der Leitungszeit, Erregungszeit und der Latenzzeit des Muskels. Die **Leitungszeit** ist die Zeit, die der Reiz gebraucht, 1. um in der Empfindungsnervenfaser bis zur Empfindungszelle der Hirnrinde zu gelangen und 2. von der Bewegungsganglienzelle der Großhirnrinde in der Bewegungsnervenfaser bis zum Muskel. Dabei muß bemerkt werden, daß die Leitungsgeschwindigkeit in der Nervenfaser eine andere ist als die Geschwindigkeit, mit der der Reiz innerhalb der Empfindungs- oder Bewegungsbahn auf ein neues Neuron übergeht. Die Leitungsgeschwindigkeit in der Nervenfaser beträgt beim Menschen im Mittel 100 m in der Sekunde, während beim Überspringen auf ein anderes Neuron ein geringer Aufenthalt entsteht. Die Leitungsgeschwindigkeit der Empfindungs- und Bewegungsnervenfasern ist gleich groß. Die **Erregungszeit** ist die Zeit, die der Reiz gebraucht, um von der Empfindungsbahn zur Bewegungsbahn überzugehen. In dieser Zeit muß die Empfindung ins Bewußtsein kommen und der Wille die Bewegungsganglienzellen in der Großhirnrinde erregen. Die Zeit ist länger als die Leitungszeit. Die **Latenzzeit** des Muskels ist die Zeit, die vergeht, bis der Muskel nach Ankunft des Bewegungsreizes sich wirklich zusammenzieht. Sie gehört in den Abschnitt Muskelphysiologie.

Leitungszeit und Erregungszeit können durch Übung abgekürzt werden, die erreichbare Verkürzung ist jedoch bei den einzelnen Menschen nach Anlage verschieden. Beide ändern sich bei dem gleichen Menschen durch verschiedene Umstände, sie werden durch mäßige **Erwärmung** verkürzt, durch Abkühlung verlängert. Auch chemische

Stoffe haben Einfluß. Insbesondere soll Säure die Zeiten nach vorübergehender Verkürzung verlängern und schließlich jede Erregbarkeit aufheben. Das tätige Nervengewebe zeigt als Folge der Oxydation (Verbrennung) an Stelle der sonstigen alkalischen Reaktion saure Reaktion. Die Verlängerung der Reaktionszeit bei der Ermüdung beruht danach auf der Wirkung der auftretenden Säure. Alkohol verlängert ebenfalls nach kurzer Abkürzung die Reaktionszeit, während Tee, Kaffee, Tabak, Fleischbrühe und andere Reizmittel die Reaktionszeit abkürzen.

Auch die Stärke des Reizes hat auf die Dauer der Reaktionszeit Einfluß, ganz gleich, ob es sich um einen äußeren Reiz oder um einen Willensreiz handelt. Ein starker Reiz bedingt kürzere Reaktionszeit als ein schwacher Reiz. Der Willensreiz wird bei gehobener Stimmung unwillkürlich stärker ausfallen, bei niedergeschlagener Stimmung geringer, so daß Lustgefühle zur Verkürzung, Unlustgefühle zur Verlängerung der Reaktionszeit beitragen. Die Reaktionszeit kann natürlich trotz vorhandener Unlustgefühle durch bewußte Willensanstrengung verkürzt werden. Die Art dieser psychischen Wirkung ist uns unbekannt, wir sehen nur die Wirkung selbst. Dabei wird die Leitungszeit in der Bewegungsbahn abgekürzt, während starke äußere Reize gleichzeitig die Leitungszeit in der Empfindungsbahn abkürzen.

Außer der Stärke ist die Plötzlichkeit des Reizes von Bedeutung. Ein plötzlich einsetzender Reiz bewirkt schnellere Leitung als ein allmählich zu noch so großer Stärke ansteigender Reiz. Daher zwingt eine kurze, scharfe Kommandosprache noch mehr als ein lautes Kommando zu schneller Ausführung einer Übung. Ein äußerer Reiz wird durch bessere Auffassung von seiten scharfer Sinnesorgane verstärkt.

Die Reaktionszeit läßt sich durch Übung, im besonderen durch die Schlagfertigkeitsübungen abkürzen. Dahin gehört auch die Übung in der Schnelligkeit der Auffassung durch die Sinnesorgane. Zuerst muß die schnelle Ausführung auf kurzes, scharfes Kommando geübt werden. Dann muß der Befehl oder ein verabredetes Zeichen unerwartet und leise gegeben werden. Die Zeichen sollen sich nicht auf Reize für das Gehörorgan beschränken, kleine Zeichen für das Gesichtsorgan sind mindestens ebenso wichtig. Im praktischen Leben gilt es besonders häufig, nach dem plötzlichen Sehen einer Gefahr schnell zu handeln. Das Kind eines Naturvolkes muß die Verkürzung der Reaktionszeit auch erst üben, nur bietet sich da die Gelegenheit täglich von selbst. Unsere Kinder müssen von Jugend auf systematische Übungen in dieser Richtung betreiben, Landkinder wohl noch mehr als Stadtkinder. Zur Abkürzung der Reaktionszeit muß die Erwerbung möglichst vieler Koordinationsgefüge hinzukommen. Dazu bietet das neuere Schulturnen ja reichlich Gelegenheit. Später werden dann Koordination und Schnelligkeit der Reaktion gemeinsam geübt, zuerst in einfachen, später in schwierigeren Spielen. Die Übung der Schlagfertigkeit wird schließlich gekrönt durch die großen Parteispiele, durch Fechtübungen auf Stoß und Hieb, während das Ringen wegen der damit verbundenen Pressung nur bei ganz sachverständiger Leitung und nicht zu häufig, von Kindern und heranwachsenden jungen Leuten überhaupt nicht, betrieben werden soll.

G. Der Muskeltonus.

Die willkürliche und reflektorische Zusammenziehung unserer quergestreiften Muskeln erfolgt nicht aus dem Zustand vollständiger Erschlaffung heraus. Die Muskeln

befinden sich vielmehr während des ganzen Lebens, im Schlaf in geringerem Grade als im Wachen, in einem dauernden Spannungszustande, den man Muskeltonus nennt. Der Tonus ist die Folge dauernder gleichmäßiger Reize vom Zentralnervensystem, und zwar von den Bewegungsganglienzellen im Rückenmark aus. Diese Reize entstehen jedoch ebenfalls nicht selbständig in diesen Ganglienzellen, sondern werden durch uns unbewußte Empfindungsreize auf dem Wege der Reflexbahn hervorgerufen. Dabei geben Dehnungen von Muskeln und Sehnen oder von Bändern und Gelenkkapseln oder die in jedem Augenblick wechselnde Spannung der Haut die ursprünglichen Empfindungsreize ab. Die Bewegungen sind nur Verstärkungen dieser dauernden Muskelspannung. Der Muskeltonus ist für gleichmäßige, abgerundete Bewegungen von großer Bedeutung, da ohne ihn alle Bewegungen mit Rucken und Stößen des Körpers verlaufen müßten. Man stelle sich das Steuern eines Bootes vor. Da hält der Steuermann stets beide Leinen angespannt und kann so durch die geringste Verstärkung des Zuges auf der einen oder anderen Seite fein abgestufte Bewegungen des Bootes hervorrufen. Läßt der Steuermann dagegen die Leinen einmal schleifen und muß dann schnell nach einer Seite abbiegen, so erfolgt eine heftige Erschütterung des Bootes, die die Ruderer stört. Genau so verhält es sich mit dem Muskeltonus. Namentlich schnelle Bewegungen müßten ohne Muskeltonus große Erschütterungen des Körpers hervorrufen. Die Muskelzusammenziehungen würden ferner stets über das Ziel hinausschießen, die korrigierende Zusammenziehung der Antagonisten käme zu spät, so daß unsere Bewegungen ein stetes Schwanken wären.

Doch hat der Muskeltonus auch nachteilige Folgen. Er ruft bei Lähmung einzelner Muskeln durch die Spannung der Antagonisten eine Zwangsstellung des Gliedes hervor, in der es versteifen kann.

Die glatten Muskelfasern der Blutgefäße zeigen den gleichen Muskeltonus, der hier natürlich durch Vermittelung des sympathischen Nerven hervorgerufen wird und die dauernde Spannung der Arterien bewirkt.

H. Geistige Ermüdung und Erholung.

Das Gehirn und das übrige Nervensystem leisten nach den Erörterungen der vorhergehenden Abschnitte nicht nur bei geistigen Leistungen, sondern auch bei körperlichen Anstrengungen erhebliche Arbeit. Das gilt im besonderen von allen Schlagfertigkeitsübungen, Kraftübungen und Schnelligkeitsübungen, die einen mächtigen Willensimpuls erfordern, ferner von allen Übungen mit verwickelter Koordination. Das Gehirn wird denn auch sowohl durch geistige als durch körperliche Arbeit ermüdet. So fand Mosso, daß körperliche Leistungen geringer ausfallen, wenn das Nervensystem durch rein geistige Tätigkeit ermüdet ist. Umgekehrt ist die Verminderung der geistigen Leistungsfähigkeit des Gehirnes nach körperlicher Ermüdung nachgewiesen.

Diese Tatsachen haben ihren Grund sowohl in der Beteiligung des Gehirnes bei körperlicher Arbeit als in den Stoffwechselvorgängen bei der Arbeit überhaupt. Wie namentlich v. Ranke nachgewiesen hat, beruht die Arbeit des Nervensystems, ebenso wie die Arbeit der übrigen Organe, auf Oxydation von Kohlenstoff durch Sauerstoff zu Kohlensäure. Neben der Kohlensäure entstehen hier wie dort noch andere soge-

nannte Ermüdungsstoffe, im besonderen Milchsäure. Diese Stoffe gelangen vor ihrer Ausscheidung vermittels des Blutes auch in Organe, in denen sie nicht gebildet wurden. So leidet das Nervensystem mit unter der Ermüdung der Muskeln und umgekehrt. Die Nervenfasern haben nur geringen Stoffwechsel und zeigen nur geringe Ermüdungserscheinungen, was auch mit der Tatsache übereinstimmt, daß die weiße Substanz des Zentralnervensystems nur wenige, die graue Substanz dagegen viele Blutgefäße enthält. Auch der große Wassergehalt der grauen Substanz im Gegensatz zur weißen Substanz spielt dabei eine Rolle, insofern er den Eintritt der Ermüdungsstoffe aus dem Blut in die graue Substanz erleichtert. Dadurch kommt uns die Ermüdung schneller zum Bewußtsein, und wir werden rechtzeitig vor Überanstrengung gewarnt.

Die einzige wirkliche Erholung für das Gehirn ist die Ruhe, der Schlaf. Es kann gar nicht genug betont werden, daß anstrengende Leibesübungen nach anstrengender geistiger Tätigkeit zur Erschöpfung des Nervensystems führen müssen. Dagegen können leichtere Leibesübungen, im besonderen kurzes Wandern und einfache Spiele eine vorübergehende Erholung und Erfrischung für das Gehirn bedeuten, wie ja auch die tägliche Erfahrung lehrt. Sie nehmen das Gehirn nicht in Anspruch, regen aber zu schnellerem Blutumlauf und damit zu besserer Fortführung der im Gehirn selbst gebildeten Ermüdungsstoffe an. Gaupp-Tübingen und andere Nervenärzte weisen nachdrücklich darauf hin, daß diese Gesichtspunkte bei der Verteilung der Turnstunden in der Schule berücksichtigt werden müssen. Also: nach anstrengender Schulstunde nicht auch noch anstrengende, sondern erholende Leibesübungen. Die anstrengenden Leibesübungen sind erst nach längerer Ruhepause, am besten am Nachmittag vorzunehmen.

Hierher gehören auch die geäußerten Bedenken gegen die täglichen Turnübungen. Danach sollen die Pausen zwischen den Schulstunden zu wirklichem Ausruhen, zu zwanglosem, freiwilligem Umhertummeln ohne das Gefühl der Unterordnung verwandt werden. Diesen Bedenken ist im Erlaß des Ministers der Geistlichen und Unterrichts-Angelegenheiten vom 13. Juni 1910 unter II, 5 völlig Rechnung getragen, wo es heißt: „Die Übungen sind nicht in die Pausen zu legen, da diese zu freier Bewegung und Erholung bestimmt und im Interesse der Gesundheit und Kräftigung der Schüler nicht zu verkürzen sind. Am zweckmäßigsten werden sie vor einer Pause vorgenommen, so daß diese unmittelbar anschließt". Auch der spätere Erlaß vom 29. Dezember 1911 über die täglichen Turnübungen an höheren Lehranstalten, der der Kurzstunden wegen die täglichen Turnübungen aus der Unterrichtszeit herausnimmt, sieht ihre Verlegung an den Anfang einer umfangreichen Pause vor, wobei es zu fordern und dem Schulleiter unbenommen ist, die Pause durch Verschieben der Stunden so zu verlängern, daß die Lage der täglichen Turnübungen mit den Grundsätzen des Erlasses vom 13. Juni 1910 völlig übereinstimmt.

Zweiter Abschnitt.

Die Sinne und die Sinnesorgane.

Die Nervenendigungen der peripheren Nerven gehören ebenfalls zum Nervensystem. Die einfachen Endigungen der Bewegungsfasern bedürfen keiner besonderen Besprechung. Die Endigungen oder, besser gesagt, die Aufnahmevorrichtungen der

Empfindungsnervenfasern sind teilweise zu vollständigen, überaus feinen Organen, den Sinnesorganen, geworden.

Man unterscheidet von alters her fünf Sinne, den Gesichtssinn, den Gehörssinn, den Geruchssinn, den Geschmackssinn und den Gefühlssinn. Jeder der vier ersten Sinne ist scharf gegen die anderen Sinne abgegrenzt und seinerseits deutlich charakterisiert. Daher entspricht jedem ein besonderes Sinnesorgan, wobei bemerkt werden muß, daß das Gehörorgan gleichzeitig der Sitz eines zweiten Sinnes, des Gleichgewichtssinnes, ist. Der Gefühlssinn dagegen umfaßt mehrere ganz verschiedene Arten oder Modalitäten der Empfindung und ist auch nicht an ein einzelnes Organ gebunden. Zu den Sinnen kommen schließlich noch die Gemeingefühle hinzu.

A. Der Gesichtssinn.

Das Auge ist das Organ für den Gesichtssinn. Es wird in den eigentlichen Augapfel und die Nebenorgane eingeteilt. (Abb. 171 u. 172.)

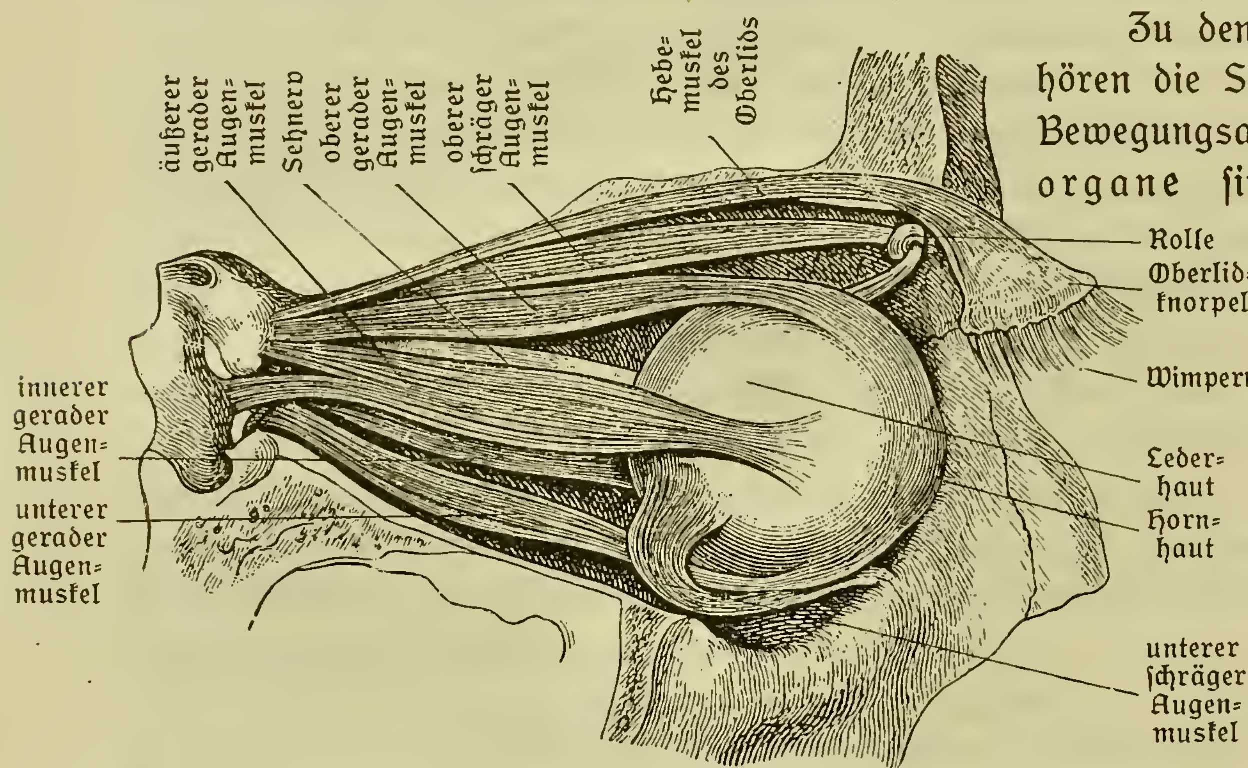


Abb. 171. Der Augapfel und die Augenmuskeln nach Entfernung der Schläfenwand der Augenhöhle. (Nach Heitzmann.)

Zu den Nebenorganen gehören die Schutzorgane und der Bewegungsapparat. Die Schutzorgane sind 1. die Augenbrauen, die den Schweiß der Stirn vom Auge fernhalten, 2. die Augenwimpern, die Fremdkörper, wie Insekten, Staub- oder Kohlenteile, vom Auge abwehren, 3. die Tränenorgane, die die nach vorn freiliegenden Teile, im besonderen die Hornhaut, vor Eintrocknen an der Luft schützen sollen, 4. die Augenlider, die durch periodisches Schließen und Öffnen die Tränenflüssigkeit über die freiliegenden Teile des Auges verteilen. Das sogenannte Augenblinken erfolgt reflektorisch durch den Reiz, den die beginnende Trockenheit an der Oberfläche hervorruft. Die Augenlider schließen sich außerdem reflektorisch, wenn eine Gefahr droht. Wir können den Reflex mit Willensanstrengung kurze Zeit aufhalten, da die Schließmuskeln willkürliche Muskeln sind. Der Bewegungsapparat des Auges besteht aus sechs willkürlichen Muskeln, die von der Innenfläche der Augenhöhle zum Augapfel verlaufen und ihn nach allen Seiten drehen können. Sie unterliegen ferner sehr verwickelten, unserem Bewußtsein entzogenen Bewegungseinflüssen, zwecks richtiger Einstellung beider Augen auf einen Punkt.

Der Augapfel hat nahezu die Gestalt einer Hohlkugel. Die Wände werden von

drei Häuten, der harten Haut, der Aderhaut und der Netzhaut, gebildet, die vorn eine kreisrunde Lücke lassen. Die harte Haut (Lederhaut) und die Aderhaut stellen die eigentliche Wand dar, während die Netzhaut die Wände gewissermaßen innen austapeziert. Die Netzhaut kann sich aus verschiedenen mechanischen Ursachen, besonders durch Schlag vor das Auge, von der Innenfläche der übrigen Wand ablösen. Die vordere Lücke wird durch die Regenbogenhaut, eine Fortsetzung der Aderhaut, konzentrisch verkleinert. Die dann noch bleibende, runde Lücke, die Pupille, kann reflektorisch sowohl durch Wirkung von Hell und Dunkel, als durch Einstellung in die Nähe oder Ferne erweitert oder verengert werden. Dies geschieht durch einen in der Regenbogenhaut gelegenen, glatten Muskel, ist also bewußten Willenseinflüssen völlig entzogen. Die Lichtstrahlen können nur durch die Pupille in den Augapfel eindringen, so daß er eine richtige camera obscura bildet.

Vor der Pupille befinden sich die Hornhaut, eine Fortsetzung der harten Haut, und die Linse, hinter der Pupille der Glaskörper als lichtbrechende Teile. Alle lichtbrechenden Teile wirken zusammen wie eine Konvexlinse, deren Krümmung je nach der Entfernung der beobachteten Gegenstände verändert werden kann. Sie vereinigen die auffallenden Lichtstrahlen zu einem verkleinerten, umgekehrten Bilde auf der Netzhaut.

Die Netzhaut enthält die Endigungen des Sehnerven. Dieser nimmt die Bildeindrücke auf, um sie als Reiz zur Großhirnrinde zu leiten.

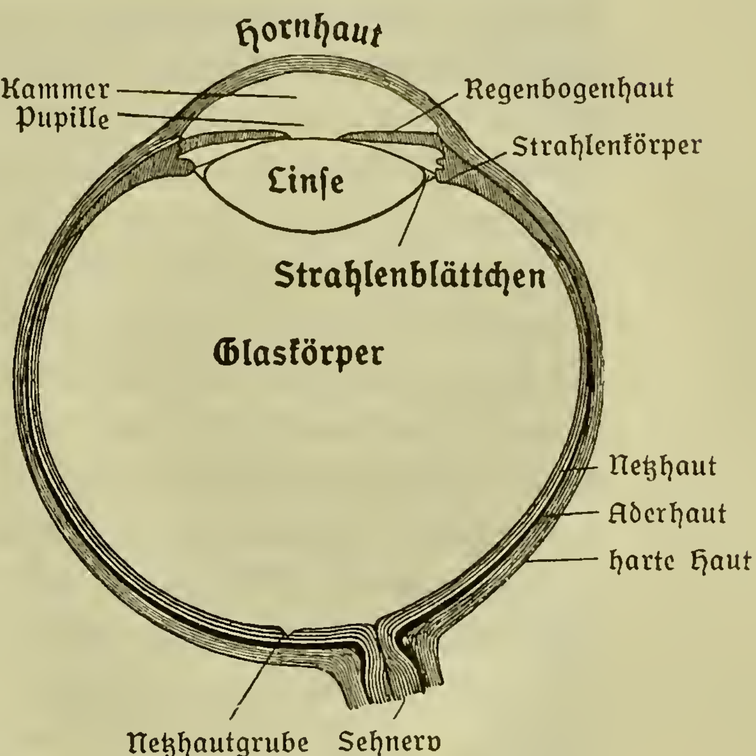


Abb. 172. Horizontalschnitt durch einen linken Augapfel. (Nach Abelsdorff.)

Die im Schulalter beginnende Kurzsichtigkeit ist zwar zum Teil vererbt, kann aber doch durch eine gut gebaute Schulbank, die das Auge in der richtigen Entfernung von dem Lesebuch oder dem Schreibheft hält, verhütet werden. Wanderungen ins Freie, wo der Blick in die Ferne schweifen kann, üben die Regulierungsvorrichtungen der brechenden Teile des Auges in der Einstellung für entferntere Gegenstände und verhüten dabei die Kurzsichtigkeit aus Gewohnheit. Sie schärfen ebenso wie Spiele und Wettkämpfe den Blick. Dadurch wird freilich nicht die Sehkraft an sich gebessert, sondern nur unsere Fähigkeit, die Seheindrücke ins Bewußtsein aufzunehmen. Es handelt sich also nicht mehr um Übung des Sinnesorganes, sondern um Übung des Geistes und seines Werkzeuges, der Großhirnrinde. Das gleiche gilt von den übrigen Sinnesorganen.

B. Der Gehörssinn und der Gleichgewichtssinn.

Das Organ für beide Sinne ist das Ohr. Es wird in 3 Abschnitte, 1. das äußere Ohr, 2. das Mittelohr und 3. das innere Ohr eingeteilt und liegt bis auf die Ohrmuschel und einen Teil des äußeren Gehörganges in das Schläfenbein eingeschlossen. (Abb. 173.)

Das äußere Ohr besteht aus der Ohrmuschel und dem äußeren Gehörgang.

Die Ohrmuschel dient bei verschiedenen Tieren zum besseren Auffangen des Schalles, vermag aber beim Menschen die Hörfähigkeit kaum zu verbessern. Der äußere Gehörgang leitet die Schallwellen zu dem im Schläfenbein gelegenen Mittelohr und inneren Ohr. Lateralwärts ist der Gang mit der Ohrmuschel durch eine knorpelige Verlängerung verbunden. Man unterscheidet danach den lateralen knorpeligen und den medialen knöchernen Teil des äußeren Gehörganges. Beide sind durch eine Fortsetzung der äußeren Haut ausgekleidet. Nur sind die Schweißdrüsen dieser häutigen Auskleidung gegenüber den Drüsen der eigentlichen Haut verändert und sondern das sogenannte Ohrenschmalz ab, eine bräunliche, dickflüssige Masse, die leicht verhärten und den ganzen äußeren Gehörgang verlegen kann. Dadurch können Entzündungserscheinungen und Schwerhörigkeit entstehen, die beide durch Entfernung des eingedickten Ohrenschmalzes durch den Arzt behoben werden.

Das äußere Ohr ist durch das Trommelfell gegen das Mittelohr abgegrenzt. Das Trommelfell ist eine runde, schräg von unten medial nach oben lateral gespannte Membran, die durch Zusammenwachsen der Haut des äußeren Gehörganges und der Schleimhaut des Mittelohres gebildet wird. Die Membran ist nun aber nicht in einer Ebene, sondern trichterförmig gespannt. Dadurch besitzen die verschiedenen Abschnitte der Membran verschiedene Schwingungszahlen, und es gerät bei jedem Ton ein Teil des Trommelfelles in Mitschwingung, so daß das Trommelfell die Schwingungen für jeden Ton weiterleiten kann. Das Trommelfell könnte an sich ebensogut unmittelbar in das innere Ohr führen, dann würden aber die Gehörseindrücke durch den Wechsel des äußeren Luftdruckes beeinflußt. Dies wird durch Einschaltung des Mittelohres (Paukenhöhle) vermieden, das durch die Ohrtrompete (tuba Eustachii) mit dem Nasenrachenraum und daher auch mit der äußeren Luft verbunden ist. So wirkt der Luftdruck gleichmäßig auf beide Seiten des Trommelfelles ein und muß deshalb ohne Einfluß auf seine Schwingungen bleiben. Durch die Eustachische Röhre dringen häufig Eitererreger in das Mittelohr. Die Schallschwingungen des Trommelfelles werden vermittels der sogenannten Gehörknöchelchen (nach ihrer Form Hammer, Amboß und Steigbügel genannt) durch das Mittelohr zum inneren Ohr geleitet, in dessen Wand der Trit des Steigbügels eingelassen ist.



Abb. 173. Senkrechter Durchschnitt des Ohres. (Nach Reclam.)
a Ohrmuschel, *b* äußerer Gehörgang, *c* Ohrläppchen, *d* Unterkiefergelenk, *e* Trommelfell, *f* Eustachische Röhre, *g* Paukenhöhle, *h* Schnecke, *i* Gehörnerv, *k* Vorhof, *l* Labyrinth mit den halbkreisförmigen Kanälen, *m* untere Teile des Schläfenbeines.

Das innere Ohr besteht aus Vorhof, Schnecke und den drei Bogengängen. Die knöchernen Wände dieser Räume heißen das knöcherne Labyrinth, seine häutige Auskleidung das häutige Labyrinth. Das ganze innere Ohr ist mit einer Flüssigkeit angefüllt, die die Schwin-

gungen des Steigbügeltrittes in die Schnecke fortpflanzt, wo sich die Endigungen des Gehörsnerven befinden. Dabei entspricht jeder Ton einer besonderen Endigung und einer besonderen Nervenfaser, die die Empfindung nach der entsprechenden Umschaltung bis zur Rinde des Schläfenlappens des Großhirnes fortpflanzt.

Die Bogengänge haben mit der Gehörsempfindung wahrscheinlich gar nichts zu tun. Alle drei gehen von dem Vorhof aus und in diesen wieder zurück. Sie sind in drei aufeinander senkrecht stehenden Ebenen, den drei Dimensionen des Raumes entsprechend, angeordnet. Die Bewegungen der Flüssigkeit in den Bogengängen sollen daher bei Bewegungen des Kopfes untereinander verschieden sein, woraus sich Empfindungen über die jeweilige Lage des Kopfes ergeben. Auch diese Empfindungen werden durch Nervenfasern im Gehörsnerven zum Zentralorgan fortgeleitet.

C. Der Geruchssinn.

Der Geruchsnerv endet mit den Riechhärchen im obersten Abschnitt der Nasenhöhle in Höhe der beiden oberen Muscheln. Die Nervenfasern dringen durch die Löcher des Siebbeines in die Schädelhöhle und leiten den Reiz zu dem entsprechenden Abschnitt der Großhirnrinde. Der Luftstrom geht bei der Einatmung durch den unteren Teil der Nase in den Nasenrachenraum. Dabei bricht er sich an der unteren Nasenmuschel, so daß eine geringe Luftbewegung nach oben stattfindet, die geringe Mengen der riechbaren Stoffe zu den Riechhärchen bringt. Der Geruchssinn ist sehr empfindlich. So können wir durch den Geruch schon $^{2}/_{100\,000}$ mg Moschus in einem Liter Luft wahrnehmen, und es gibt Riechstoffe, für die unser Geruchssinn noch empfindlicher ist.

Im allgemeinen ist zwar der Geruchssinn scharf vom Geschmackssinn getrennt, jedoch sehen wir gelegentlich Geruchseindrücke, die uns gleichzeitig mit Geschmackseindrücken treffen, als eine Geschmackswahrnehmung an. Wir „schmecken" einen guten Wein, und doch empfinden wir die „Blume" des Weins tatsächlich durch den Geruchssinn, wie es auch ohne weiteres klar wird, wenn wir uns genau Rechenschaft darüber geben.

D. Der Geschmackssinn.

Die Endausbreitungen der Geschmacksnervenfasern liegen in der Schleimhaut des Zungenrückens und haben die Form kleiner Becher, die in flaschenförmige Lücken der Schleimhaut eingebettet sind und bis an die Oberfläche der Schleimhaut reichen.

Der Geschmackssinn ist feiner differenziert als der Geruchssinn. Man unterscheidet verschiedene ganz bestimmte, von allen Menschen anerkannte Qualitäten des Geschmackes: süß, sauer, salzig, bitter. Beim Geruchssinn unterscheidet man nur angenehme oder unangenehme Gerüche, die man nach den riechenden Substanzen benennt, höchstens spricht man von süßen, sauren und ähnlichen Gerüchen, indem man eine gewisse unbestimmte Einteilung nach der Qualität des Geschmackes vornimmt.

E. Der Gefühlssinn.

Der Gefühlssinn ist ein Sammelbegriff für mehrere Sinne und auf mehrere Organe verteilt. Immerhin ist der Gefühlssinn in engerer Bedeutung an die Haut gebunden.

a) Der Gefühlssinn in engerer Bedeutung.

Der Gefühlssinn in engerer Bedeutung zeigt auch schon mehrere Modalitäten, α) den Tastsinn, β) den Drucksinn, γ) den Temperatursinn.

α) Der Tastsinn ist auf der ganzen Haut verteilt. Die Endorgane der zugehörigen Nervenfasern sind die sogenannten Tastkörperchen oder Endkolben. Die Empfindung der Berührung schließt die Vorstellung vom Orte der Berührung in sich. Dabei ist die Feinheit der Ortsunterscheidung an den einzelnen Hautstellen sehr verschieden. Man merkt eine doppelte Berührung an den Fingerspitzen schon in 2 mm, am Rücken erst in 70 mm Entfernung. Die übrigen Hautstellen zeigen entsprechende Zwischenwerte. Auch fühlt man die Größe oder Kleinheit der berührten Hautstelle, wodurch man spitze und stumpfe Berührung unterscheiden kann.

β) Der Drucksinn ist an bestimmte, über die ganze Hautoberfläche verteilte Punkte gebunden, die die zugehörigen, bisher noch unbekannten Nervenendigungen enthalten. Die Stellen zwischen den Druckpunkten haben keine Druckempfindlichkeit. Wir können die verschiedenen Grade des auf die Hautoberfläche ausgeübten Druckes unterscheiden.

γ) Der Temperatursinn ist in ähnlicher Weise wie der Drucksinn an bestimmte Punkte gebunden, und zwar gibt es auf der Haut gesonderte Kältepunkte und Wärmepunkte, so daß man den Temperatursinn wieder in Kältesinn und Wärmesinn teilen könnte.

b) Der Gefühlssinn in weiterer Bedeutung.

Der Gefühlssinn in weiterer Bedeutung besteht aus α) dem Lagesinn, β) dem Schmerzgefühl.

α) Der Lagesinn ist keine einheitlich differenzierte Sinnesempfindung, sondern setzt sich aus verschiedenen Sinneseindrücken zusammen. Wir empfinden die verschiedene Spannung von Muskeln und Sehnen (vielleicht auch Bändern und Gelenkkapseln) und bekommen dadurch einen Begriff von der Lage der verschiedenen Körperteile zueinander. Der Spannungsgrad der Muskeln erlaubt ein Urteil über die Schwere eines Gewichtes, ebenso über die Unterstützungsart unseres Körpers, ob wir uns in Hang, Hangstand, Liegehang, aufrechter, sitzender oder liegender Stellung befinden. Die Vorstellung von der Lage unseres Körpers wird weiter durch die verschiedenen Hautempfindungen vermittelt, auch spielt der bereits besprochene Gleichgewichtssinn beim Lagesinn eine wichtige Rolle. Der Lagesinn wieder vermittelt, wenn auch nicht allein, die Koordination der Bewegungen.

β) Der Schmerzsinn ist nicht nur der Haut, den Muskeln oder Sehnen, sondern fast allen Körperteilen eigentümlich, auch solchen, denen keinerlei andere Empfindungen zukommen. Das spricht dafür, daß auch der Schmerz durch Reizung besonderer Endorgane entsteht. Andererseits löst tatsächlich die sehr starke Reizung jedes Sinnesnerven, z. B. starke Geräusche, plötzliche große Lichteinwirkung, Schmerz aus, so daß man vermuten könnte, der Schmerz entstehe überhaupt nur durch besonders starke Reizung der Empfindungsnerven. Die Frage ist jedenfalls noch nicht völlig entschieden.

F. Die Gemeingefühle.

Zu den Gemeingefühlen gehören Müdigkeit (d. h. die Empfindung der Ermüdung, wohl zu unterscheiden von der Ermüdung), Hunger, Durst, Wollust, Langeweile, Lustgefühle, Unlustgefühle, Ekelgefühl und andere. Sie sind alle mehr oder weniger an körperliche Zustände gebunden, bilden aber teilweise den Übergang zu psychischem Geschehen und stehen psychologisch an der Grenze zwischen Empfindungen und Gefühlen. Unsere geringe Kenntnis der Gemeingefühle ist nicht verwunderlich, da sie nur in sehr begrenztem Maße der physiologischen Erforschung zugänglich sind. Wir wissen über das Wesen und die Entstehung der Gemeingefühle so gut wie nichts. Sie entstehen bei bestimmten körperlichen Zuständen, meist mit großer Stärke, verschwinden von selbst wieder, um immer stärker wiederzukehren, bis die von ihnen verlangte Änderung körperlicher Zustände eintritt. Somit zeigen sie uns Bedürfnisse unseres Körpers an oder schützen den Körper vor Gefahren. Einige der Gemeingefühle, z. B. Hunger, Durst, Müdigkeitsgefühl, dienen der Erhaltung der Einzelperson, andere der Erhaltung der Rasse, noch andere der Förderung unseres Wohlbefindens. Die Lust- und Unlustgefühle sind Begleiterscheinungen der verschiedenen Empfindungen, wie des Geschmackes, des Gehöres oder anderer Gemeingefühle.

Dritter Abschnitt.

Die Haut.

1. Anatomie der Haut.

Die Haut besteht aus zwei Schichten, nämlich 1. der eigentlichen Haut oder Lederhaut und 2. der sie bedeckenden Oberhaut. Sie ist durch das Unterhautbindegewebe, das man auch als dritte Schicht der Haut rechnen kann, mit den darunter liegenden Gebilden des Körpers verbunden. (Abb. 174.)

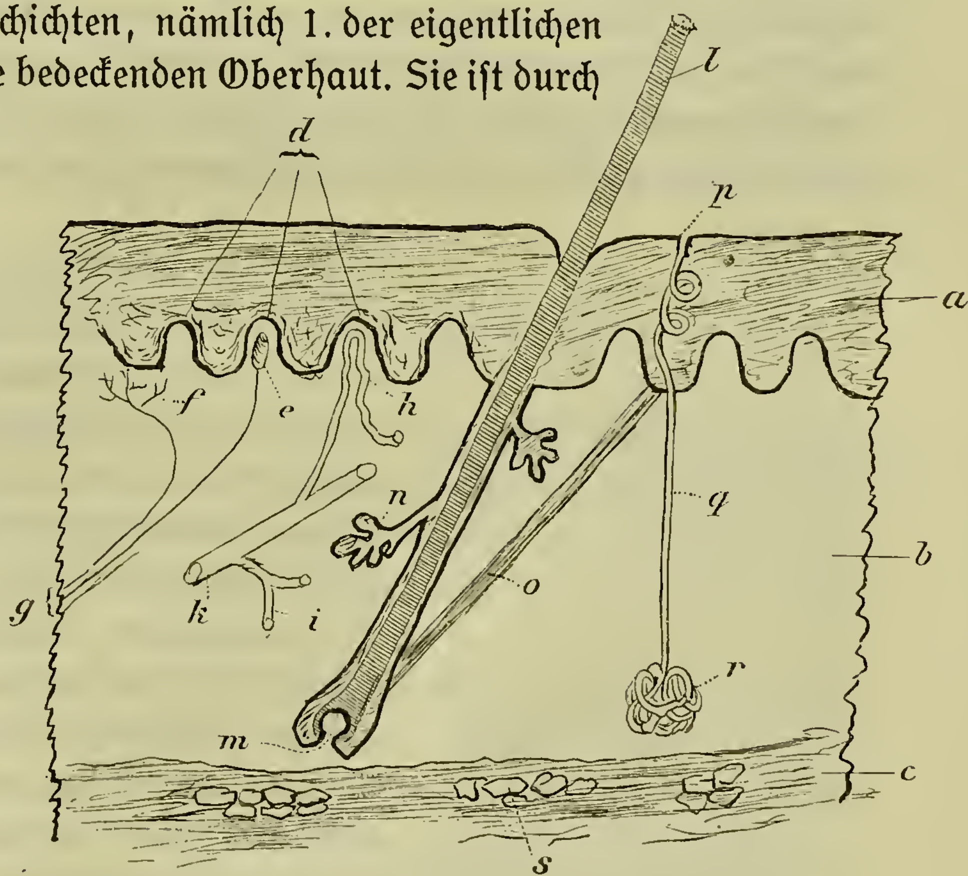


Abb. 174. Schematischer Schnitt durch die Haut. (Nach Sachs.) *a* Oberhaut, *b* Lederhaut, *c* Unterhautbindegewebe, *d* Papillen der Lederhaut, *e* Tastkörperchen mit Nervenfaser, *f* frei endigende Nervenfaser, *g* Hautnervenstämmchen, *h* Haargefäßschlinge im Lederhautwärzchen, *i* Haargefäße, *k* kleinste Schlagader, *l* Haar, *m* Haarpapille, *n* Talgdrüse, *o* Haarbalgmuskel, *p* Pore, *q* Schweißdrüsenausführungsgang, *r* Schweißdrüse, *s* Fettzellen.

A. Die Lederhaut.

Die Lederhaut besteht aus einem Netz von Bindegewebsbündeln, in das elastische Fasern eingewebt sind. Sie ist, wie das aus ihr bereitete Leder, außerordentlich fest. Die Bindegewebsbündel liegen in den oberen Teilen der Lederhaut dicht aneinander und bilden in den tieferen Teilen gröbere Maschen. Beide Teile gehen allmählich ineinander über, der untere Teil ebenso allmählich in das noch großmaschigere, lockere

Unterhautbindegewebe. Dagegen ist die Lederhaut gegen die Oberhaut scharf abgesetzt. Die Grenze ist jedoch nicht eben, sondern zeigt zahlreiche zuckerhutförmige und leistenförmige Erhabenheiten. Die leistenförmigen Erhabenheiten sind an den Fußsohlen und Handflächen, hauptsächlich an den Beeren der Finger und Zehen besonders ausgeprägt. Man sieht dort Windungen von flachen Leisten und dazwischen liegenden Furchen, die bei jedem Menschen eine andere bestimmte Anordnung besitzen, so daß die Fingerabdrücke von dem Erkennungsdienst der Kriminalpolizei zur Überführung von Verbrechern benutzt werden. Die Höhe der Leisten gegenüber den Furchen beträgt an den Fingerbeeren bis 0,2, an der Fußsohle gar bis 0,4 mm. Die zuckerhutförmigen Erhabenheiten werden **Papillen** genannt und sind auf der Oberfläche der gesamten Lederhaut verteilt. Diese Papillen tragen die Endigungen der feinsten Hautarterien oder enthalten **Tastkörperchen** als Endigungen von Empfindungsnervenfasern. Auf eine solche **Tastpapille** kommen an den Fingerbeeren drei bis vier **Blutgefäßpapillen**, an anderen Körperstellen, der geringeren Tastempfindung entsprechend, mehr. Die Zahl der Papillen ist an den verschiedenen Körperstellen verschieden. Sie sind meist in Gruppen angeordnet und stehen an der Handfläche und Fußsohle, sowie den Flächenseiten der Finger und Zehen reihenweise, entsprechend den Windungen der leistenförmigen Erhabenheiten, auf deren Höhe sie sich befinden.

Die Arterien der eigentlichen Haut, die aus einem über der Körperfaszie liegenden Arteriennetz entspringen, verlaufen in der Lederhaut. Die Wände dieser Arterien besitzen wie alle Arterien glatte, hauptsächlich ringförmig angeordnete Muskelfasern, was für die Wärmeregulierung von besonderer Bedeutung ist. Die Lederhaut oder das Unterhautbindegewebe enthält noch die Haare mit Talgdrüsen und den glatten Haarbalgmuskeln, sowie die Schweißdrüsen, die aber alle von der Oberhaut abstammen und als Nebengebilde der Haut besonders besprochen werden.

B. Die Oberhaut.

Die Oberhaut zerfällt in die Schleimschicht und die darüber liegende Hornschicht, die beide allmählich ineinander übergehen. (Abb. 175.) Die **Schleimschicht** besteht aus mehreren Lagen vollsaftiger Epithelzellen mit Kern. Die tieferen Lagen sind Zylinderzellen, die oberflächlichen gehen allmählich in Pflasterzellen über. Die unteren Lagen der **Hornschicht** enthalten abgelagerte Pigmentkörnchen, die die verschiedene Farbe der Haut hervorrufen. Die Hornschicht besteht aus glatten, verhornten Zellen ohne Kern. Die Verhornung beginnt schon in den oberen Lagen der Schleimschicht durch Auftreten von Körnchen, die allmählich zusammenfließen, die Kerne verdrängen und die Zellen zum Absterben bringen. Die obersten Lagen der Hornschicht werden dauernd abgestoßen, so daß die tieferen Lagen unter zunehmender Verhornung an die Oberfläche kommen. Die Hornsubstanz der Hornschicht dient dem Körper zum Schutz

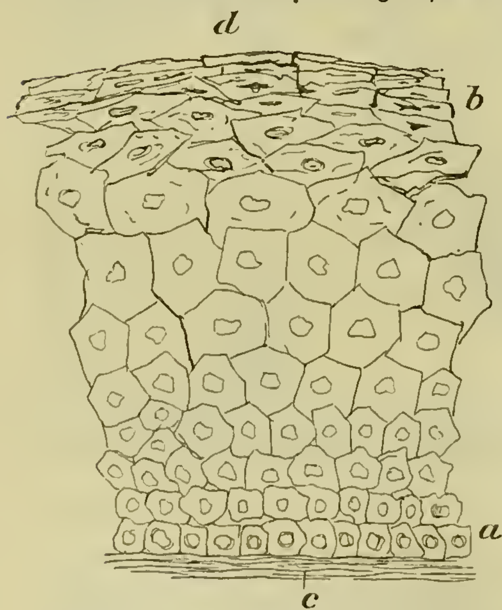


Abb. 175. Querschnitt durch die Oberhaut.
a Schleimschicht, *b* Hornschicht, *c* Lederhaut, *d* Hautoberfläche. (Nach Sachs.)

gegen äußere Stöße und erschwert als schlechter Wärmeleiter seine zu große Abkühlung. Die Hornschicht quillt und löst sich allmählich in Laugen, worauf die reinigende Wirkung der Seife beruht. Auch Wasser, namentlich warmes Wasser, hat eine ähnliche, wenn auch geringere Wirkung wie die Seife.

Die Oberhaut schmiegt sich den Unebenheiten der Lederhaut an, so daß deren Unebenheiten auch auf der Oberfläche der Haut zu sehen sind. Sie hat zwei Arten von Lücken, einmal die Mündungen der Ausführungsgänge der Schweißdrüsen, die sogenannten Poren, sodann die Stellen, an denen die Haare die Oberhaut durchbohren. Die Poren sind beim Schwitzen mit bloßem Auge zu erkennen, da sie dann durch den austretenden Schweiß erweitert sind.

C. Das Unterhautbindegewebe.

Das Unterhautbindegewebe besteht aus lockerem Bindegewebe, so daß sich die Haut an den meisten Körperstellen gegen ihre Unterlage verschieben läßt. Die Haut des Kopfes, der Handflächen und der Fußsohle ist durch feste Stränge mit den darunter liegenden Weichteilen verbunden und daher unverschieblich. Die Kopfhaut erscheint verschieblich, während dabei tatsächlich die Unterlage selbst, die Kopfschwarte, gegen das Schädeldach verschoben wird.

Die Maschen des Unterhautbindegewebes enthalten Fett, dessen Menge bei den einzelnen Menschen verschieden groß ist. Die verschiedene Menge des Fettes verursacht die verschiedene Dicke des Unterhautbindegewebes und damit der Haut, wovon man sich durch Abheben einer Hautfalte überzeugen kann (nur nicht an Handflächen, Fußsohlen und Kopfschwarte). Das Fett fehlt stets im Unterhautbindegewebe der Nase, der Ohrmuscheln, der Augenlider und einiger anderer Körperstellen. Es ist an Handtellern und Fußsohlen zum Schutze der darunter liegenden Weichteile stets reichlich vorhanden.

D. Nebengebilde der Haut.

a) **Die Haare mit Talgdrüsen und Haarbalgmuskeln.**

α) Die Haare stecken in einer Scheide, dem Haarbalg, der bis in das Unterhautbindegewebe reicht. Dabei ist die Oberhaut gewissermaßen in Lederhaut und Unterhautbindegewebe hineingestülpt und diese inneren Schichten von äußeren, längs verlaufenden Bindegewebsfasern umgeben, die mit ihnen zusammen den Haarbalg bilden. Der Grund des Haarbalges trägt die Haarpapille, auf der der untere Teil der Haarwurzel aufsitzt. (Abb. 176.)

Das Haar selbst ist ein Abkömmling der Zellen der Oberhaut, die wie die Hornschicht verhornt sind. Es zerfällt in die Haarwurzel und den Haarschaft. Die Haarwurzel ist derjenige Teil des Haares, der in dem Haarbalg steckt, der Haarschaft der Teil, der über die Haut hinausragt. Das Haar besteht aus dem Oberhäutchen, der Rinde und dem Mark. Die Rinde enthält gekörnten oder gelösten Farbstoff, der den Haaren die verschiedene Farbe verleiht, im Alter aber schwindet, wodurch die Haare weiß oder grau werden. Rinde und Mark enthalten Luft. Bei vielen Menschen fehlt das Mark, dann erscheinen die Haare durch die anderen Brechungsverhältnisse der Lichtstrahlen niemals weiß, sondern nur grau.

β) Die Talgdrüsen. Der Haarbalg nimmt die Ausführungsgänge von ein oder mehreren Talgdrüsen auf, deren Absonderung, der Hauttalg, das Haar fettig erhält und auch die Oberfläche der Haut mit einer schützenden Talgschicht überzieht. Die Talgschicht schützt die Haut vor Brüchigkeit und erschwert als schlechter Wärmeleiter eine zu große Abkühlung. Die Talgdrüsen haben Traubenform, werden leicht durch verhärteten Talg verstopft und bilden dann die sogenannten Mitesser, die vereitern können. (Abb. 176.)

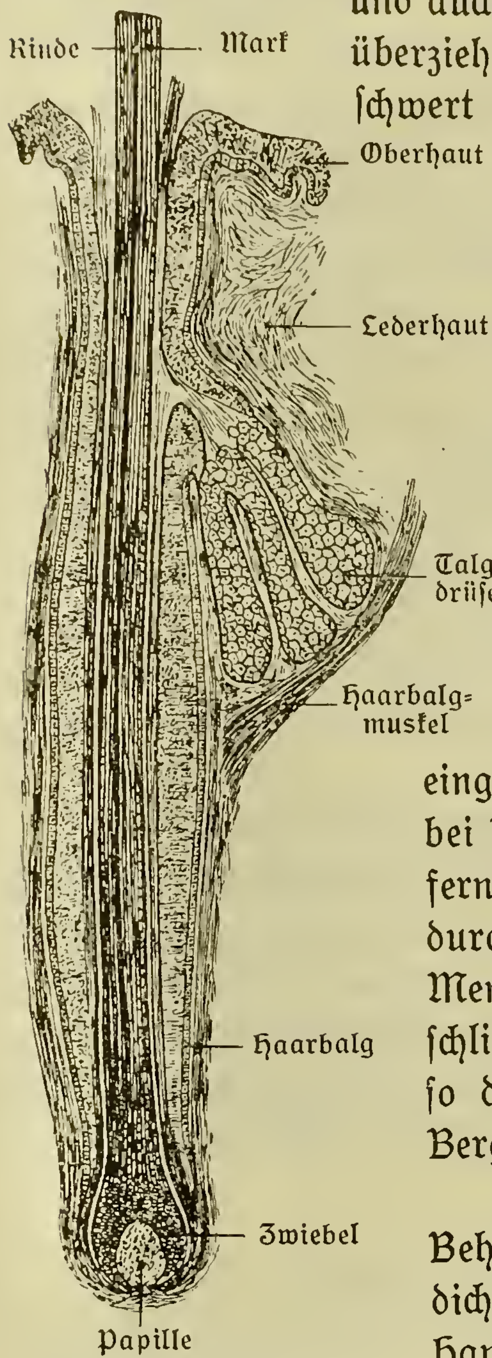


Abb. 176. Längsschnitt einer Kopfhaarwurzel mit Papille und Haarbalgdrüse. 27 mal vergrößert. (Bardeleben.)

γ) Die Haarbalgmuskeln sind glatte Muskeln und ziehen von der Lederhaut schräg nach innen zum Haarbalg, wo sie spitzwinklig ansetzen. Sie werden auch Aufrichter des Haares genannt. Das ganze Haar steht nämlich nicht senkrecht, sondern schräg zur Hautoberfläche und muß offenbar durch Zusammenziehung des Haarbalgmuskels in senkrechte Stellung gebracht, d. h. aufgerichtet werden. Dabei wird es gleichzeitig etwas aus der Haut herausgehoben, während die Ursprungsstelle des Muskels an der Lederhaut etwas eingezogen wird. So entsteht das Sträuben der Haare, das bei Tieren besser als beim Menschen beobachtet werden kann, ferner die sogenannte Gänsehaut. Das Sträuben der Haare durch Zusammenziehung des Haarbalgmuskels kommt auch beim Menschen auf Temperaturreize, mechanische und chemische Reize, schließlich auch auf psychische Reize, wie Angst und Schreck, vor, so daß die Redensart, „ihm standen vor Angst die Haare zu Berge" durchaus sachlichen Hintergrund hat. (Abb. 176.)

δ) Verteilung und Lebensalter der Haare. Die Behaarung ist an den verschiedenen Körperstellen verschieden dicht. Sie fehlt ganz an Handteller und Fußsohle, sowie an den Handteller- bzw. Fußsohlenflächen und Seitenflächen der Finger und Zehen. Besonders stark ist die Kopfhaut, die Achselhöhle, die Schamgegend und Aftergegend behaart, ferner, besonders beim Manne, die Oberlippe, das Kinn und die vordere Halsgegend, oft auch Nacken und Brust. Der übrige Körper hat nur kurze, feine Härchen, die man kaum erkennt. Doch kommen, nach Rasse oder Individualität verschieden, Abweichungen in der Stärke der Behaarung vor, sowohl Mangel der Haare an den genannten Stellen, als übermäßige Behaarung am übrigen Körper. Im Durchschnitt findet man auf dem qcm am Scheitel 150—200, am Kinn und Schamgegend 22—25, am Vorderarm 13—15, an der Vorderseite des Oberschenkels etwa 10 Haare. Die Haare sind am ganzen Körper in bestimmten Linien angeordnet, die von bestimmten Stellen, den Haarwirbeln, ausgehen. Die Haare der verschiedenen Körperstellen unterscheiden sich in Länge, Stärke und Form und werden als Kopfhaar, Barthaar, Schamhaar und Augenbrauenhaar besonders benannt.

Die Lebensdauer des einzelnen Haares ist nach den verschiedenen Körperstellen

verschieden, sie schwankt zwischen drei Monaten und vier Jahren. Das abgestorbene Haar fällt nach einiger Zeit aus. Es wird dann durch ein neues Haar von der Haarpapille aus ersetzt. Die Kahlköpfigkeit beruht also nicht auf dem durchaus regelrechten Absterben der einzelnen Haare, sondern auf Mangel des Nachwuchses infolge Erkrankung der Haarpapille. Als Ursache für Kahlköpfigkeit kommen Erblichkeit, Ernährungsstörungen, Aufregungen, Überanstrengungen verschiedenster Art in Frage.

b) Die Nägel.

Die Nägel sind harte, elastische, viereckige Hornplatten, die auf der Rückseite der Endglieder der Finger und Zehen liegen und ihnen beim Aufstemmen auf den Fußboden Halt und Festigkeit oder beim Tasten einen Widerhalt geben. Die Nägel zeigen eine Längs- und eine Querkrümmung, die beide nach der Rückenseite zu konvex sind. Der Nagel steckt hinten und am hinteren Teil der Seitenränder in einer tiefen Hautfurche, dem Nagelfalz. Die Furche wird dadurch gebildet, daß sich eine Hautfalte, der sogenannte Nagelwall, über den hinteren Rand und einen Teil der Seitenränder des Nagels schiebt. Der zwischen und vor dem Nagelfalz liegende Teil der Haut, auf dem die untere Fläche des Nagels aufliegt, wird Nagelboden oder Nagelbett genannt. Der Haut von Nagelfalz und Nagelbett fehlen die oberflächlichen, verhornten Schichten der Oberhaut. Letztere haben sich weiter verdickt und verhärtet und bilden den Nagel.

Der Nagel ist farblos und durchscheinend und sieht daher infolge der zahlreichen Blutgefäße des Nagelbettes rötlich aus. Das hintere Ende des Nagels zeigt den weißen Halbmond, von dem aus der Nagel wächst. Die Oberfläche des Nagels hat in der Längsrichtung häufig feine Leisten.

c) Die Schweißdrüsen.

Die Schweißdrüsen liegen in der Lederhaut oder dem Unterhautbindegewebe. (Abb. 174.) Sie sind knäuelförmig gewundene Schläuche, deren Ausführungsgang die Hautschichten durchdringt und schließlich mit einem korkzieherartig gewundenen Endstück in einer Hautpore mündet. Die Wand der Schweißdrüsen besitzt zahlreiche glatte Muskelfasern. Die Drüsen selbst sind von einem dichten Geflecht von Blutgefäßen umgeben. Man unterscheidet die größere und die kleinere Form der Schweißdrüsen.

Die größere Form hat bis 5 mm Durchmesser und kommt in der Achselhöhle, dem Brustwarzenhof und am After, sowie als Ohrenschmalzdrüse vor. Ihre Absonderungen enthalten Farbstoffkörner, die das Ohrenschmalz oder die Wäsche an den entsprechenden Körperteilen färben.

Die übrigen Schweißdrüsen gehören zu der kleinen Form und haben etwa die Größe von 0,2 — 0,3 mm Durchmesser. Die Zahl der Schweißdrüsen ist an den verschiedenen Körperstellen sehr verschieden. Die größte Zahl findet sich an Fußsohle und Handteller, über 1000 auf 1 qcm. Die Gesamtzahl der Schweißdrüsen beträgt etwa $2^1/_2$ Millionen.

Auch die Brust- oder Milchdrüsen sind nichts anderes als vergrößerte und veränderte Schweißdrüsen.

d) Quergestreifte Hautmuskeln.

Der Mensch hat nur einen eigentlichen quergestreiften Hautmuskel, den Hautmuskel des Halses, der Seite 77 näher beschrieben ist. Man könnte noch einen Teil der Gesichtsmuskeln hierher rechnen (s. S. 80). Tiere haben auch an anderen Körperstellen quergestreifte Hautmuskeln, womit sie die Haut willkürlich bewegen, um Fliegen oder andere Insekten abzuwehren.

2. Physiologie der Haut.

A. Die Haut als Schutzdecke des Körpers.

Die Haut dient als Schutzdecke für die darunter gelegenen Weichteile. Die festeste Schicht der Haut ist, wie wir sahen, die Lederhaut. Sie ist daher an verschiedenen Körperteilen verschieden dick. An den Augenlidern ist sie am dünnsten, da die Augen durch die vorstehenden Knochenteile gegen grobe Stöße geschützt werden und die Augenlider nur leichtere Stöße, Zugwind oder Staub abwehren sollen. Dazu genügt eine Dicke von etwa $\frac{1}{2}$ mm, während größere Dicke nur die leichte Beweglichkeit der Augenlider stören würde. Die Lederhaut ist am übrigen Körper durchschnittlich $1\frac{1}{2}$—2 mm dick, dicker am Rücken, besonders aber am Gesäß, an den Fußsohlen und den Handtellern, die alle stärkerem Druck durch Sitzen, Gehen oder Hantierungen ausgesetzt sind. Die Lederhaut kann dort eine Dicke von 3 mm erreichen.

Die Oberhaut ist viel dünner. Sie ist durchschnittlich $\frac{1}{10}$ mm dick oder auch noch dünner. Nur an der Hohlhand und namentlich der Fußsohle beträgt ihre Dicke $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ mm. Dazu kommen an Stellen der Hand und des Fußes, die besonderem Druck ausgesetzt sind, sogenannte Schwielen, die durch stärkere Verhornung und schnelleres Nachwachsen der Epithelzellen entstehen. Diese Schwielen können aber so stark werden, daß sie selbst einen Druck auf die darunter liegenden Weichteile ausüben. Dahin gehören die Hühneraugen, die durch schlecht sitzendes Schuhwerk entstehen und die Leistungsfähigkeit im Gehen und Marschieren erheblich herabsetzen.

Handteller und Fußsohle sind noch durch eine stärkere Anhäufung von Fett im Unterhautbindegewebe geschützt. Und zwar ist das Fett hier in die festen Maschen der Verbindungsstränge zwischen Haut und darunter liegenden Weichteilen hineingepreßt und bildet so ein weiches und doch festes Polster. Auch der starke Druck, unter dem das Fett hier steht, vermag es nicht durch die Bindegewebshäute hinauszupressen, da Fett durchfeuchtete Häute nicht durchdringen kann.

Sämtliche Schichten der Haut sind in den Beugen des Körpers, wo die Beugestellung selbst Schutz gewährt, dünner, um die Beugung nicht zu behindern. Die dünne Talgschicht der Haut, die Nägel an den Fingern und Zehen, sowie die Haare vermögen die Stärke von Gewalteinwirkungen abzuschwächen, die Haare beim Menschen besonders am Kopf und allenfalls bei stark entwickeltem Bartwuchs an Kinn und Hals.

Die Haut schützt nicht nur gegen mechanische, sondern auch gegen chemische Einwirkungen, z. B. der ätzenden Säuren oder Laugen oder gegen Verbrennen und Erfrieren. Der Schutz der Haut gegen kalte oder warme Temperatur der Luft wird als Wärmeregulierung besonders besprochen werden.

Die Haut ist als Schutzdecke des Körpers natürlich selbst den verschiedensten Ver-

letzungen ausgesetzt. Sie heilt dann durch bindegewebige Narben, sobald die Verletzung bis in die Lederhaut gedrungen ist.

B. Die Haut als Ausscheidungsorgan.

Eine Abscheidung von Körpersubstanz erfolgt schon bei der Abschilferung der Oberhaut und bei der Abscheidung des Hauttalges. Doch kann man da nicht von eigentlicher Ausscheidung reden, da es sich nicht um Stoffwechselprodukte handelt.

Dagegen macht die Absonderung der Schweißdrüsen die Haut zu einem eigentlichen Ausscheidungsorgan. Die Schweißdrüsen sind dauernd in geringem Maße tätig. Wir merken es nur nicht, weil die geringen Schweißmengen sofort verdunsten. Die Schweißdrüsen scheiden etwa 700 ccm Schweiß in 24 Stunden aus. Die Menge kann zwecks vermehrter Wärmeabgabe erheblich, bis auf mehrere Liter, wachsen, wovon im nächsten Abschnitt die Rede sein wird.

Der Schweiß enthält etwa 1 % fester Bestandteile, im wesentlichen Salze und Harnstoff, wie der Harn, nur daß der Harn, wie wir sahen, 4 % fester Bestandteile enthält. Im Schweiß befinden sich außerdem flüchtige Fettsäuren, die ihm den eigentümlichen ranzigen Geruch verleihen. Die Haut ist also als Ausscheidungsorgan den Nieren an die Seite zu stellen. Doch besorgen die Nieren die Hauptausscheidung, während die Haut für gewöhnlich nur geringe Dienste leistet. Sie kann aber die erkrankten Nieren vorübergehend ersetzen und für längere Zeit entlasten. Der Körper hat also auch hier, wie bei wichtigen Verrichtungen so oft, zwei, oder bei der Doppelzahl der Nieren, drei Organe für die gleiche Lebenstätigkeit, um im Notfall stets gesichert zu sein.

Haut und Nieren stehen auch sonst in Wechselwirkung. Wenn wir aus Gründen der Wärmeregulierung eine größere Menge Wasser durch Schweißabsonderung ausscheiden, vermindert sich die Wasserabgabe durch die Nieren. Der Harn wird dann, wie wir schon sahen, konzentrierter und enthält mehr feste Bestandteile, da ja das Verhältnis der festen Bestandteile zum Wasser im Schweiß ein anderes als im Harn ist.

C. Die Haut als Sinnesorgan

ist bereits im Abschnitt über den Gefühlssinn besprochen worden.

D. Die Wärmeregulierung.

a) Die verschiedenen Wege der Wärmeabgabe.

Alle Lebensvorgänge des Körpers gehen, wie wir sahen, unter Wärmebildung vor sich. Der Erwachsene bildet ohne erhebliche Tätigkeit 2620 Kal. Wärme in 24 Stunden, die bei stärkster Betätigung bis auf etwa 5000 Kal. oder bei Gewaltdauerleistungen auf 10000—11000 Kal. ansteigen können.

Da die Temperatur des Körpers nur in sehr geringen Grenzen schwankt, muß etwa die gleiche Menge Kalorien, wie gebildet wird, ausgeschieden werden. Die Wärmeausscheidungsorgane müssen also die Fähigkeit besitzen, sehr verschiedene Wärmemengen ausscheiden zu können. Sie müssen sich dabei in ihrer Tätigkeit der verschiedenen Wärme der den Körper umgebenden Luft (oder Wasser) anpassen.

Für die Wärmeabgabe kommen in Betracht 1. Harn und Kot, 2. die Atmung, 3. die Haut.

Der Wärmeverlust durch Harn und Kot entspricht der Wärmemenge, die nötig war, um die aufgenommenen Speisen und Getränke auf Körpertemperatur zu erwärmen. Diese Verluste betragen bei Erwachsenen in Ruhe etwa 2 % der Wärmeabgabe. Die Atmung gibt die Wärmemenge ab, die nötig ist, um die eingeatmete Luft auf Körperwärme zu bringen, außerdem die Wärmemenge, die nötig ist, um das durch die Lunge ausgeschiedene Wasser in Wasserdampf überzuführen. Diese Wärmeverluste betragen beim Erwachsenen bei ruhiger Tätigkeit in mittlerer Lufttemperatur und bei mittlerem Wasserdampfgehalt der Luft etwa 11—12 % der gesamten Wärmeabgabe. Die übrige Wärmeabgabe, also etwa 86—87 %, erfolgt durch die Haut.

Das Verhältnis, in dem sich die einzelnen genannten Faktoren an der Wärmeabgabe beteiligen, ist offenbar von sehr vielen wechselnden Bedingungen abhängig und daher selbst schwankend. Die genannten, von Vierordt angegebenen Zahlen besitzen daher nur annähernden Wert. Immerhin ergeben sie klar, daß die Haut als das eigentliche Organ für Wärmeabgabe zu bezeichnen ist.

b) **Wärmebildung, Wärmeabgabe und Körpertemperatur.**

Der Wärmeaustausch zwischen dem menschlichen Körper und seiner Umgebung geschieht nach den gleichen Gesetzen wie zwischen irgendwelchen anderen, auch leblosen Körpern. Der menschliche Körper wird daher Wärme abgeben, wenn seine Temperatur höher als die der Umgebung ist, er wird Wärme aufnehmen, wenn seine Temperatur niedriger als die der Umgebung ist. Meist ist die Temperatur des menschlichen Körpers höher als die Temperatur seiner Umgebung. Es soll unerörtert bleiben, wie weit dieser Wärmeaustausch auf Leitung oder auf Strahlung beruht. Die Leitung hat, abgesehen von der Wärmeaufnahme durch die Sonnenstrahlung, wohl den Hauptanteil daran. Daher soll bei Erörterung dieser Art des Wärmeaustausches immer nur von Leitung gesprochen werden.

Der Wärmeaustausch wird um so größer, je größer der Temperaturunterschied zwischen Körper und Umgebung ist. Tatsächlich behält nun der menschliche Körper stets annähernd die gleiche Temperatur bei, obgleich die Temperatur der umgebenden Luft gewaltigen Schwankungen unterworfen ist. Dies erreicht der Körper einmal durch vermehrte oder verringerte Wärmebildung, dann durch vermehrte oder verringerte Wärmeabgabe seitens der Haut.

Alle Lebensvorgänge werden im Winter lebhafter als im Sommer; wir essen mehr, die Muskeln bekommen eine größere unwillkürliche Spannung, wir haben Bedürfnis nach lebhafterer, willkürlicher Bewegung (Arme übereinanderschlagen, das unruhige Treten von einem Fuß auf den anderen, schnelleres Gehen und anderes mehr). Im Sommer ist es umgekehrt. Auch die Auswahl der Speisen richtet sich nach der Temperatur; wir haben im Winter das Bedürfnis nach kalorienreicher Nahrung, und die Menschen in Polarländern genießen mehr Fett mit seinem höheren Kalorienwert. Dagegen ißt man im Sommer und in warmen Gegenden leichtere Speisen.

Wir können uns jedoch mit der Menge der Wärmebildung nicht immer nach der Jahreszeit richten. Wir müssen im heißen Sommer (der Feldarbeiter, der Soldat auf dem Marsche) körperlich arbeiten. Dagegen muß etwa die Marktfrau auch im Winter

verhältnismäßig unbeweglich an ihrem Standort verharren. Daher muß die Temperatur des Körpers nicht nur durch veränderte Wärmebildung, sondern auch durch veränderte Wärmeabgabe geregelt werden. Ein Körper gibt um so mehr Wärme ab, je größer seine Oberfläche ist, und umgekehrt. Kleine Körper haben eine im Verhältnis zu ihrer Masse größere Oberfläche als große Körper. Kleine Kinder geben daher verhältnismäßig mehr Wärme ab als Erwachsene. Sie gleichen das zwar durch größere Wärmebildung infolge der lebhafteren Wachstums- und Lebensvorgänge aus, sollen aber doch warm angezogen und zugedeckt werden.

E. Die Haut als Wärmeregulierungsorgan.

Die Haut, das wichtigste Wärmeregulierungsorgan, ist in hervorragender Weise zu verschieden großer Wärmeabgabe befähigt.

a) Die wärmesparende Tätigkeit der Haut.

α) Verminderung der Wärmeleitung. 1. Die Kälte reizt reflektorisch die Haarbalgmuskeln zur Zusammenziehung. (Abb. 174 u. 176.) Das hat bei Tieren mit starkem Haar- oder Federkleid große Bedeutung. Die gesträubten Haare oder Federn halten in ihren Lücken eine dicke Schicht erwärmter Luft zurück, die als schlechter Wärmeleiter einen schnellen Austausch zwischen Körperwärme und Außentemperatur verhindert. Beim Menschen mit seiner geringen Behaarung kommt das nur wenig zur Geltung. Doch soll die Entstehung der Gänsehaut durch Verkleinerung der Oberfläche wärmesparend wirken, da nur die Erhöhungen als freie Oberfläche in Betracht kommen sollen, während in den Vertiefungen erwärmte Luft zurückgehalten wird. 2. Die Körperoberfläche kann nur soviel Wärme abgeben, als sie selbst aus dem Körperinnern erhält. Die Kälte reizt nun nicht nur die Haarbalgmuskeln, sondern auch die Ringmuskeln der Hautarterien zur Zusammenziehung. Die Blut- und Wärmezufuhr zur Haut wird damit fast völlig unterbrochen, da das Körpergewebe selbst als schlechter Wärmeleiter nur wenig Wärme zur Haut gelangen läßt. Die Wärmeabgabe des Körpers wird daher ganz gering, sobald die Haut ihre Eigenwärme abgegeben hat. Die Haut wird dadurch blaß oder infolge stärkerer Blutstauung bläulich.

β) Verminderung der Schweißverdunstung. Die Schweißverdunstung des Menschen verbraucht etwa 375 Kal. in 24 Stunden, da rund 537 Kal. zur Verdunstung von 1 kg Wasser nötig sind. Diese Wärmemenge wird namentlich bei kalter Umgebung zum größten Teil dem Körper entzogen. Die Verringerung der Hautdurchblutung betrifft auch die Schweißdrüsen und setzt damit die Schweißabsonderung auf das denkbar kleinste Maß herab, wodurch der Körper einen Teil der Verdunstungswärme spart.

b) Grenzen der Wärmeersparung durch die Haut.

Die Wärmeabgabe ist nicht nur von der Temperatur, sondern auch von der Bewegung der umgebenden Luft abhängig. Die Luft ist nämlich ein schlechter Wärmeleiter. Die den Körper unmittelbar umgebende Luft erwärmt sich daher schnell und kann, da die Wärme nur in geringer Menge weiter fortgeleitet wird, bald keine oder nur wenig Wärme mehr aus dem Körper aufnehmen. Ganz anders, wenn die den Körper unmittelbar umgebende Luft dauernd durch Wind oder Zug fortgeweht und

durch andere, nicht erwärmte Luft ersetzt wird. Dann muß der Körper fortgesetzt reichlich Wärme abgeben. Daher können die Wärmeverluste des Körpers bei starkem Winde und wärmerer Temperatur größer sein als bei ruhiger Luft und kühlerer Temperatur. Plötzliche Zugluft kann zu schneller Abkühlung einzelner Körperstellen und als Folge zu Erkältungskrankheiten führen. Die Abhärtung gegen Erkältung beruht auf Übung der glatten Hautmuskeln, die die wärmesparende Tätigkeit der Haut bedingen. In noch höherem Maße als Wind und Zugluft muß die Durchnässung der Kleidung (durch Wasserverdunstung) die Wärmeabgabe steigern und daher leicht zu Erkältungen führen.

Die wärmesparende Tätigkeit der Haut ist natürlich kein unbedingter Schutz. Allmählich kühlt der Körper doch aus, und es kann der Tod eintreten, z. B. wenn sich jemand in der Kälte vor Ermattung hinsetzt und einschläft. Starker Alkoholgenuß beschleunigt durch Lähmung der Hautmuskeln die Abkühlung des Körpers und die Gefahr des Erfrierens in ganz besonderem Maße. Die Muskeln der Hautgefäße können auch sonst bei zu langer Einwirkung eines Kältereizes erlahmen, wodurch die Abkühlung dann ebenfalls beschleunigt wird. Das Sinken der Körperwärme auf etwa 25° (meist schon früher) hat unbedingt den Tod zur Folge.

c) Vermehrung der Wärmeabgabe durch die Haut.

α) Vermehrung der Wärmeleitung. Zunehmende Wärme der umgebenden Luft läßt die glatten Muskeln der Haut erschlaffen, so daß die Haut besser durchblutet wird. Die bessere Durchblutung bewirkt eine Durchtränkung und Schwellung der Haut, wodurch sich die Oberfläche des Körpers vergrößert. Sie bringt dauernd neue Wärme aus dem Körperinnern in die Oberfläche; die Wärmeleitung muß daher aus beiden Gründen erheblich vermehrt werden.

β) Vermehrung der Schweißverdunstung. Die bessere Durchblutung der Haut erstreckt sich vor allen Dingen auch auf die Schweißdrüsen, die viel reichlichere Mengen Schweiß, bis mehrere Liter täglich, absondern können. Ein Liter Wasser bindet aber bei der Verdunstung etwa 537 Kal. Wärme, die zum größten Teil vom Körper geliefert werden.

d) Störungen der vermehrten Schweißverdunstung (Hitzschlag).

Die Schweißverdunstung kann durch Wasserverarmung des Körpers oder durch Behinderung der Verdunstung des abgesonderten Schweißes eingeschränkt werden.

α) Wasserverarmung des Körpers. Das übermäßige Schwitzen muß natürlich die Wasserverarmung des Körpers beschleunigen und hat dazu nur wenig Wert für die Wärmeabgabe, denn nur der am Körper verdunstende Schweiß entzieht ihm Wärme, während der zur Erde tropfende Schweiß nutzlos vergossen wird. Manche Menschen neigen zu derartig verstärktem Schwitzen. Diese Anlage läßt sich durch Bekämpfung etwaiger Fettleibigkeit oder durch regelmäßige kühle Bäder vermindern, wie man umgekehrt abnorm geringes Schwitzen durch warme Bäder vermehren kann. Die großen Wasserverluste durch übermäßiges Schwitzen können nur durch reichliche Wasserzufuhr ersetzt werden, die aber in so großer Menge den Körper schwächt. Der Körper eines jeden Menschen kann natürlich allmählich an Wasser verarmen, wenn zu

lange Zeit keine Wasseraufnahme möglich ist. Das Wasser soll dann aber schluckweise, nicht zu hastig getrunken werden.

β) Behinderung der Schweißverdunstung. Die Verdunstung des abgesonderten Schweißes kann behindert sein. Enge, undurchlässige Kleidung soll in diesem Zusammenhange nur genannt werden, die Hauptrolle spielt dabei die umgebende Luft. Je höher die relative Feuchtigkeit (s. S. 169) der Luft ist, um so langsamer nimmt sie neuen Wasserdampf auf, um so langsamer wird die Verdunstung des Schweißes. Die den Körper näher umgebenden Luftschichten werden bald mit Wasserdampf, der sich nur allmählich in die weitere Umgebung verteilt, gesättigt. Das hat geringere Bedeutung, sobald Wind herrscht und dauernd neue Luft an den Körper heranträgt, die immer noch eine geringere relative Feuchtigkeit besitzt und daher leichter Wasserdampf aufnimmt. Es wird aber verhängnisvoll bei „schwüler Luft", d. h. sobald Windstille zu der hohen relativen Feuchtigkeit der Luft hinzukommt. Dann muß die Wärmeabgabe durch Schweißverdunstung fast völlig versagen. Schwüle Luft ist durchaus nicht mit heißem Sonnenbrand zu verwechseln. Im Gegenteil, gefährliche Schwüle herrscht sehr viel öfter bei bedecktem Himmel. Natürlich kann Windstille bei heißem Sonnenwetter auch bei niedrigerer relativer Feuchtigkeit die Schweißverdunstung und die Wärmeabgabe herabsetzen, was deshalb gefährlich werden kann, weil die Strahlung der Sonne noch hinzukommt, die schon allein dem Körper mehr Wärme zuführt, als er durch Strahlung und Leitung abgeben kann. Wird nun in beiden Fällen die Wärmebildung im Körper, etwa durch Märsche, noch gesteigert, so müssen sich große Wärmemengen im Körper anstauen und die Körpertemperatur erheblich erhöhen.

Die Gefahr wird bei Märschen in geschlossener Kolonne, wo jede Luftbewegung abgehalten wird, noch größer, es tritt Hitzschlag ein. Die Hitzestauung im Körper schädigt alle Gewebe des Körpers, Muskeln, Verdauungsorgane und andere. Ihre Gefahr besteht aber in der Schädigung der lebenswichtigen Organe. Dann erschlafft das Herz in seiner Tätigkeit, das Atemzentrum, Herzregulierungszentrum und das Gefäßzentrum im verlängerten Rückenmark versagen ihren Dienst, bis schließlich der Tod eintreten kann.

3. Anhang. **Fettleibigkeit.**

Die Fettleibigkeit betrifft zwar nicht nur die Haut, fällt aber an der Haut am meisten in die Augen. Sie soll daher aus Zweckmäßigkeitsgründen hier besprochen werden. Das Unterhautbindegewebe enthält bei allen Menschen Fett. Nur abgemagerte, marastische Personen können es bis auf ganz geringe Mengen verlieren, wodurch die Haut welk und runzelig aussieht. Ebenso enthalten alle anderen Körperstellen, an denen sich lockeres Bindegewebe befindet, stets geringe Mengen von Fett, so das Netz, das Gekröse, die Umgebung der Nierenkapsel, die bindegewebigen Scheiden der Gefäßnervenbündel. Auch der Augapfel ist in der Augenhöhle stets mit Fett ausgepolstert. Es gewährt den Organen einen gewissen Halt. Daher begünstigt das Schwinden des Fettes die Entstehung der schon erwähnten Wanderniere. Das Fett kann außerdem vorübergehend in Zeiten unvermeidbarer Unterernährung als Kraftvorrat für die Unterhaltung der Lebensvorgänge dienen, wobei freilich die Zufuhr der notwendigen Eiweißnahrung aus den Seite 201 erörterten Gründen nur für kurze Zeit ohne Schaden unter-

bleiben darf. Die Menge des abgelagerten Fettes ist bei den einzelnen Menschen verschieden. Manche Menschen haben schon von Natur Anlage zur Fettleibigkeit, die noch durch mangelnde Körperbewegung vermehrt wird. Das ist um so wichtiger, als fette Personen häufig zu einer gewissen körperlichen Trägheit neigen.

Das Fett im Unterhautbindegewebe verliert bei der Fettleibigkeif sein lockeres Gefüge und wird fester, so daß richtige Fettschwarten entstehen können. Die größten Fettablagerungen in der Haut finden sich über untätigen Muskeln. Auch Menschen, die sich sonst wenig Bewegung machen, gebrauchen im täglichen Leben Arm- und Beinmuskeln. Dagegen bleiben die Bauchmuskeln, die Brustmuskeln, die Rückenmuskeln und Halsmuskeln am allerersten untätig. Über ihnen lagern sich denn auch die größten Fettmassen ab, bei höherem Grade der Fettleibigkeit allerdings auch in der Haut der Gliedmaßen. Die Haut wird dabei gedehnt, in größere Spannung versetzt und übt einen stärkeren allgemeinen Druck auf die darunter liegenden Weichteile aus, der bei den Blutgefäßen als größerer Außendruck zur Geltung kommt und in den Arterien die Widerstände vergrößert, in den Venen die Lichtung verkleinert. Daher reicht der geringe Innendruck der Venen noch weniger für den Rückfluß des Blutes zum Herzen aus. Die Folge ist vermehrte Herzarbeit und Stauung im Venensystem.

Ähnlich wirkt das vermehrte Fett in der bindegewebigen Scheide der Gefäßnervenbündel auf die dort verlaufenden Venen, wobei noch die venenerweiternde Wirkung der Muskelbewegungen durch das Fett erschwert wird.

Das innerhalb der Bauchhöhle abgelagerte Fett behindert den Blutkreislauf ebenfalls. Größere Fettmassen vermehren den Bauchinhalt, der die Bauchdecken nach vorn und nach den Seiten vorwölbt und spannt und damit den Druck in der Bauchhöhle erhöht. Dadurch wird namentlich die untere Hohlvene teilweise zusammengedrückt und so der Rückfluß des Blutes zum Herzen weiter erschwert. Das Fett in der Bauchhöhle behindert ferner das Hinuntersteigen des Zwerchfelles und verringert so die Tiefe der Atmung.

Diese vielfachen Behinderungen des Blutkreislaufes und der Atmung müssen fettleibige Personen früher an die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit bringen. So sehen wir sie denn auch bald keuchen und außer Atem kommen. Dabei leisten fettleibige Menschen tatsächlich bei jeder Bewegung erhöhte Arbeit, da sie die großen Fettmassen mitschleppen müssen. Die Arbeitsleistung wird weiter durch das Fett vermehrt, das sich innerhalb der Muskeln selbst in den Bindegewebsscheiden der Muskelfasern ablagert und ein rein mechanisches Hindernis für die Zusammenziehung der Muskeln bildet. Das Fett schädigt durch Druck auf die in dem lockeren Bindegewebe verlaufenden Ernährungsgefäße die Ernährung der Muskeln und kann so einzelne Muskelfibrillen, die dann wieder durch Fett ersetzt werden, zum Absterben bringen.

Das vermehrte Fett im Unterhautbindegewebe muß als schlechter Wärmeleiter die Wärmeabgabe des Körpers behindern. Das ist um so unangenehmer, als Fettleibige infolge der von ihnen in erhöhtem Maße geleisteten körperlichen Arbeit schon bei geringer nutzbringender Leistung größere Wärmemengen bilden, die durch den Zerfall des kalorienreichen Fettes weiter vermehrt werden. Da die Wärmeabgabe durch Leitung vermindert ist, müssen Fettleibige leicht schwitzen, um durch gesteigerte Schweißverdunstung ihre Körperwärme zu regeln. Das setzt die Leistungsfähigkeit, nament-

lich bei heißem Wetter, weiter herab. Die beim Fettabbau auftretende Wasserbildung erhöht die Schweißbildung noch.

Die Fettablagerung kann auch den Herzmuskel treffen, der dann trotz der gesteigerten Anforderungen an Leistungsfähigkeit verliert. Die Herzverfettung wird freilich bei gewöhnlicher Fettleibigkeit nicht so leicht auftreten, da der Herzmuskel ja stets arbeiten muß, sie hat vielmehr meist andere Gründe, die hier nicht erörtert werden können. Wohl aber lagert sich in beiden Blättern des Herzbeutels Fett ab und hindert so rein mechanisch einmal die Dehnung der Herzwand und damit eine Vergrößerung des Schlagvolums, dann die kräftige Zusammenziehung des Herzens und Auspressung des Blutes, was eine weitere Herabsetzung der Leistungsfähigkeit des Menschen bedeutet.

Die vielfachen Kreislaufbehinderungen schädigen natürlich die Ernährung und damit die Leistungsfähigkeit der einzelnen Organe des Körpers. Die Verdauung wird träger, wozu auch der Druck der in der Bauchhöhle abgelagerten Fettmassen durch Behinderungen der Peristaltik rein mechanisch beiträgt. Die angehäuften Kotmassen vergrößern dann das Übel durch Blutstauungen weiter, wodurch wieder die Hauttätigkeit und die Tätigkeit des Gehirns beeinträchtigt wird.

Die Fettleibigkeit kann durch verschiedene Kuren bekämpft werden. Doch sollten Entfettungskuren nur unter Aufsicht eines Arztes durchgeführt werden. Die natürlichste Entfettungskur besteht in vernünftigem Betrieb von Leibesübungen. Sie reizen die Muskeln und mittelbar auch allmählich die übrigen Körperorgane zu lebhafter Tätigkeit an, das Fett verschwindet, und die Organe werden durch Übung gekräftigt. Fettleibige Menschen sollen jedoch auch Leibesübungen nur unter Aufsicht des Arztes betreiben, damit sie sich sachgemäß ernähren und nicht gleichzeitig mit dem Fett Körpereiweiß einschmelzen oder ihr Herz überanstrengen.

Dritter Teil.

Physiologie und Hygiene der Leibesübungen.

Erster Abschnitt.

Physiologie des Muskels.

1. Die Muskeltätigkeit.

A. Selbsttätige Verkürzung und elastische Dehnbarkeit.

Die Muskeln haben zwei wichtige Eigenschaften, 1. die Fähigkeit der selbsttätigen Verkürzung, 2. die Fähigkeit der elastischen Dehnbarkeit. Beide gehen von einer in der Mitte liegenden, dem Ruhezustand zukommenden Gestalt des Muskels aus und sind Veränderungen dieser Gestalt. Der Muskel wird bei beiden in der einen Richtung länger, in der anderen Richtung kürzer, oder umgekehrt. Die selbsttätige Verkürzung ist die Äußerung des Eigenlebens des Muskels. Die elastische Dehnbarkeit ist dem Muskel mit vielen anorganischen und im besonderen organischen Stoffen gemeinsam. Die selbsttätige Verkürzung kann nur in der Längsrichtung der Muskelfasern geschehen, die elastische Dehnbarkeit macht sich auch in anderer Richtung, also auch in der Querrichtung geltend.

B. Die Muskelzuckung.

Die Art der selbsttätigen Zusammenziehung des Muskels wurde durch das Myographion genauer erforscht.

Das Myographion zeigt folgende Versuchsanordnung: Am freien Ende eines frisch ausgeschnittenen, senkrecht aufgehängten Muskels (die besten Beobachtungen ergeben sich an Froschmuskeln) ist ein wagerechter, um ein Gelenk drehbarer Stift angebracht, der auf einem in wagerechter Richtung rotierenden, berußten Zylinder, mit bekannter Umdrehungszeit, schleift und dort jede Längenveränderung des Muskels aufschreiben muß. Dann wird der Muskel durch einen künstlichen Reiz zur Zusammenziehung gebracht. Als Reiz kann jede plötzliche Einwirkung auf den Muskel benutzt werden, z. B. mechanische Reize, wie Schlagen, Stechen, thermische Reize, wie Hitze, chemische Reize, wie Ätzen mit Säuren oder Laugen. Am geeignetsten ist der elektrische Strom, aber nicht der gleichmäßige Strom, sondern der Strom im Augenblick der Schließung und der Unterbrechung. Man wird also an dem ausgeschnittenen Muskel zwei Drähte befestigen und an dem Stromkreis eine Vorrichtung zum beliebigen Schließen und Unterbrechen des Stromes anbringen. Will man die Reize schnell aufeinander folgen lassen, so verwendet man am besten den Induktionsstrom, und zwar den Induktionsstrom des Schlitteninduktoriums von E. du Bois-Reymond, bei dem man die Entfernung der sekundären Spule von der primären Spule und damit die Stärke des In-

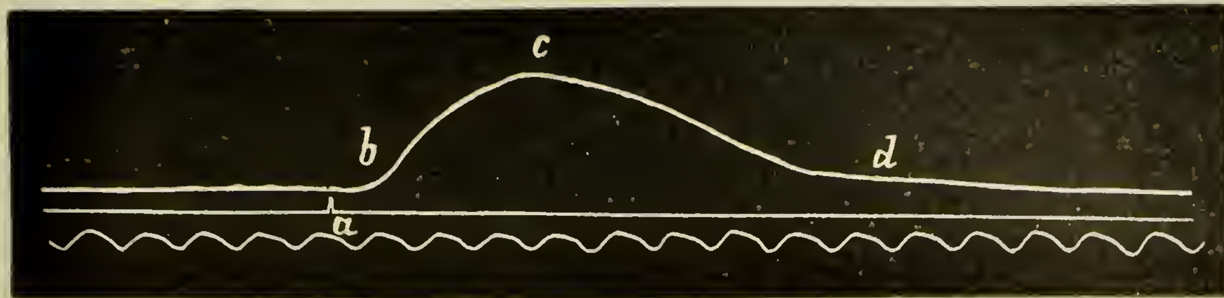


Abb. 177. Einfache Muskelzuckung. *d* Zuckungskurve, *a* Reizzeichen, unten Zeitschreibung in 0,01 Sekunde, *ab* Stadium der Latenz, *bc* der steigenden, *cd* der sinkenden Energie. (Nach R. du Bois-Reymond.)

duktionsstromes durch Verschieben der sekundären Spule auf einer Maßeinteilung beliebig während des Versuches um eine sofort ablesbare Größe verändern kann. Dabei wird die Stärke der Öffnung und Schließung des Induktionsstromes durch eine besondere Vorrichtung nahezu gleichgemacht. (Auf eine nähere Beschreibung des Apparates kann hier nicht eingegangen werden.)

Das Ergebnis der Untersuchungen ist folgendes: Die Zusammenziehung des Muskels auf einen Reiz erfolgt in der Form einer kurzen Zuckung, der eine kurze Zeit, die Zeit der latenten Reizung (Latenzzeit), vorausgeht. Während der latenten Reizung ist noch keinerlei Verkürzung des Muskels festzustellen. Die Zeit der latenten Reizung dauert bei den glatten Muskelfasern so lange, daß man sie mit der Uhr feststellen kann, beim quergestreiften Muskel nur etwa $^1/_{100}$ Sekunde. Die gesamte Zuckung verläuft in durchschnittlich etwa $^1/_{10}$ Sekunde, wovon $^1/_{100}$ Sekunde auf die Zeit der latenten Reizung entfällt; vom Rest ist etwa $^1/_3$ auf die Verkürzung, $^2/_3$ auf die Wiederausdehnung zu rechnen. (Abb. 177.) Bei kräftigen Zuckungen ist die Zeit der Verkürzung im Verhältnis zur Zeit der Wiederausdehnung noch kürzer. Dabei nimmt die Verkürzung in jedem Fall zuerst schnell, dann immer langsamer zu, die Wiederausdehnung zuerst langsam, dann immer schneller. Jedoch kommt die Wiederausdehnung bei kräftigen Zuckungen an einem bestimmten Punkte, dem Verkürzungsrückstand, zum Stillstand, von wo an die Gestalt des Ruhezustandes erst allmählich im Laufe etwa einer Minute erreicht wird. Wir sprachen immer von Verkürzung und Wiederausdehnung. Eigentlich gibt es bei der Zuckung nur eine Verkürzung und Erschlaffung. Zur Wiederausdehnung ist eine besondere Kraft nötig. Als solche kommt die zweite Eigenschaft, die Elastizität des Muskels in Frage, und zwar die Elastizität in querer Richtung zur Längsachse des Muskels, bei dem Versuche im Myographion teilweise auch die Schwere des Muskels selbst. Der etwaige Verkürzungsrückstand wird bei Bewegungen im lebenden Organismus durch die Antagonisten überwunden.

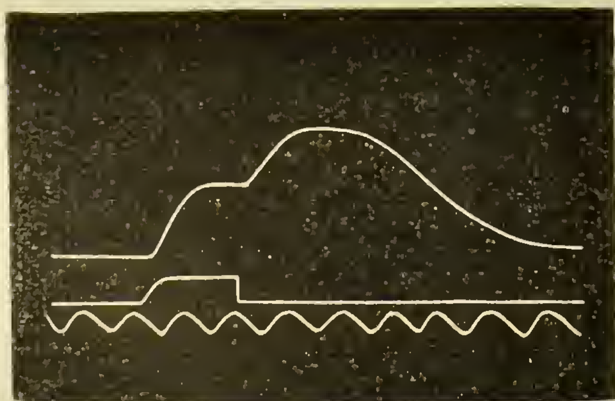
Die Stärke der Zuckung ist von der Stärke des Reizes und von der Plötzlichkeit seiner Einwirkung abhängig, so zwar, daß ein kleinerer Reiz, der plötzlich einwirkt, eine stärkere Zuckung hervorrufen kann, als ein stärkerer Reiz, der allmählich einwirkt. Immerhin muß ein Reiz eine gewisse Stärke haben, um überhaupt eine Zuckung hervorzurufen. Die Reizstärke, die zur Hervorbringung einer erstmaligen schwachen Zuckung nötig ist, nennt man Reizschwelle. Von da an wächst die Stärke der Zuckung, die Zuckungshöhe, mit der Zunahme der Reizstärke bis zu der „maximalen Zuckungs-

höhe", über die hinaus auch durch die stärksten Reize keine Steigerung mehr erfolgt. Der Reiz, der die maximale Zuckungshöhe hervorruft, heißt der maximale Reiz, ein noch stärkerer Reiz übermaximaler Reiz.

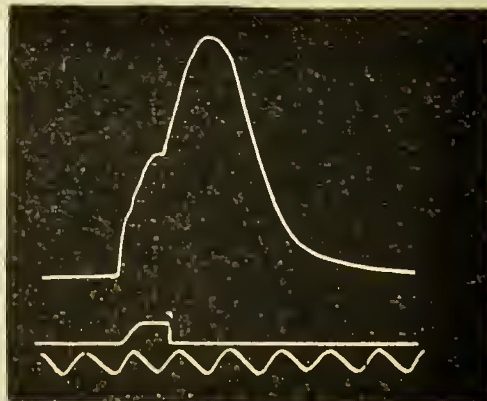
Beim ermüdeten Muskel wird 1. die Reizschwelle immer höher, 2. die Zuckungshöhe immer niedriger, bis überhaupt keine Zuckung mehr erfolgt, 3. die Dauer der Zuckung in allen drei Stadien immer länger. Dabei wird namentlich auch die Wiederausdehnung verlangsamt, was zunächst wunderbar erscheinen könnte, aber sofort klar wird, wenn man bedenkt, daß die Wiederausdehnung eine Folge der Elastizität des Muskels ist und die Elastizität beim ermüdeten Muskel eben auch schwächer wird. Die Wiederausdehnung geschieht auch durchaus nicht langsamer, wenn sie beim ermüdeten Muskel durch eine fremde Kraft, etwa die Antagonisten, falls diese nicht auch schon ermüdet sind, oder durch die Schwerkraft, wie beim Klimmzuge, erfolgt.

C. Tetanische Muskelzusammenziehung und Bewegungen des Körpers.

Die einfachen Muskelzuckungen, die in einem Bruchteil ($^1/_{10}$) einer Sekunde erfolgen, können offenbar die Bewegungen unseres Körpers nicht leisten. Dazu gehören längere Zeit andauernde Muskelverkürzungen. Diese setzen sich aus einer großen Reihe Einzelzuckungen zusammen, deren Reize jedesmal einsetzen, ehe die Wiederausdehnung der vorhergehenden Zuckung beginnt. Diese Art der Zusammenziehung wird tetanische Zusammenziehung oder einfach Tetanus genannt. Die Wirkung jedes folgenden Reizes ist nun am ausgiebigsten, wenn er in dem Augenblick beginnt, wo die Zuckung des vorigen Reizes ihren Gipfel erreicht hat. (Abb. 178.) Dann ist die Zuckungshöhe des folgenden Reizes, die zu der Zuckungshöhe des ersten Reizes hinzukommt, nur wenig niedriger als diese. Die zu der Summe der vorigen hinzukommende Zuckungshöhe wird mit jedem folgenden Reize etwas kleiner, bis schließlich ein weiterer Reiz die Gesamtzuckungshöhe oder, wie man hier besser sagt, die Hubhöhe gar nicht mehr erhöht. Diese maximale Hubhöhe bei tetanischer Reizung ist offenbar wesentlich höher als die maximale Zuckungshöhe des Einzelreizes. Der Tetanus erhöht also die Größe und die Dauer der Verkürzung. Die ausgiebige Verkürzung eines Muskels erfordert etwa 10—30 Reize in der Sekunde, deren Zahl nach der Stärke der Reize und der Ermüdung des Muskels schwankt. Die maximale Hubhöhe des Tetanus wird durch zunehmende Ermüdung des Muskels immer kleiner, bis schließlich auch die stärkste tetanische Reizung keine Verkürzung mehr hervorruft. Der Muskel kann nach Erreichung der maximalen Hubhöhe des Tetanus durch weitere tetanische Reizung unter wellenförmigen Schwingungen eine Zeitlang in diesem Grade der Zusammenziehung



Intervall $^1/_{20}$ Sekunde.



Intervall $^1/_{50}$ Sekunde.

Abb. 178. Summation von zwei Reizen. (Nach R. du Bois-Reymond.)

erhalten werden, bis er ermüdet und sich trotz weiterer Reizung erst langsam, dann schneller bis zum Verkürzungsrückstand wieder ausdehnt. Dieser geht dann auch hier erst in längerer Zeit allmählich zurück.

Die tatsächliche Entstehung unserer willkürlichen Bewegungen durch die experimentell gefundene, tetanische Reizung (hier natürlich vom Nervensystem aus) läßt sich nach Helmholtz am deutlichsten durch die Beobachtung des von den wellenförmigen Schwingungen des Muskels hervorgerufenen Muskeltones veranschaulichen. Helmholtz hat die Zahl der Schwingungen aus der Tonhöhe auf 19,5 in der Sekunde bestimmt, was mit den experimentellen Beobachtungen bei elektrischem Reiz übereinstimmt. Übrigens kommen auch kürzer dauernde Zusammenziehungen der Muskeln im lebenden Körper vor, z. B. das Blinken mit den Augenlidern, das nach v. Ranke mit der einfachen Zuckung verglichen werden kann.

Bisher war stets von unmittelbarer Reizung des Muskels die Rede. Die gefundenen Ergebnisse gelten in gleicher Weise bei Reizung des Muskels von seinem Nerven aus, nur daß hier die Verhältnisse wesentlich günstiger liegen, da schon viel geringere Reize genügen, um die gleich starke und gleich ausgiebige Zusammenziehung zu erreichen. Man hatte im Experiment gefunden, daß die Verhältnisse um so günstiger liegen, je weiter entfernt vom Muskel die Reizung des Nerven erfolgt. Jäger spricht daher von einem lawinenartigen Anschwellen des Erregungsaktes im Nerven. Doch scheint diese Beobachtung nicht richtig zu sein. Die leichtere Reizung vom Nerven aus erklärt sich am besten dadurch, daß der Reiz auf diesem natürlichen Wege leichter Eingang in den Muskel findet. Die Reizung erfolgt natürlich bei Bewegungen des lebenden Körpers stets in dieser günstigen Weise vermittels des Nerven.

D. Abnahme des Arbeitserfolges bei Zunahme der Muskelverkürzung.

Der Muskel verkürzt sich, wie wie sahen, bei der einfachen Zuckung erst schneller, dann langsamer. Die hinzukommenden Zuckungshöhen bei tetanischer Reizung werden immer geringer, je weiter die Verkürzung zunimmt. Das heißt also, der Arbeitserfolg des Muskels wird bei zunehmender Verkürzung immer geringer. Eine Belastung des Muskels während des Experimentes macht das noch anschaulicher, wie folgende Zusammenstellung von R. du Bois-Reymond zeigt.

Tabelle 10.

Bei einer Belastung von	0	50	100	200	500 g
verkürzt sich der Muskel um	14	9	7	2	0 mm
Die geleisteten Arbeiten sind also	0	450	700	400	0 g — mm

Die Kraft des Muskels war z. B. bis zu einer Verkürzung von 7 mm ausreichend, um 100 g zu heben, während der bis dahin verkürzte Muskel die gleiche Kraft nicht mehr besitzt. Der Grund für die Abnahme des Arbeitserfolges liegt zum größten Teil in der Zunahme der queren Elastizität. Bei der Verkürzung des Muskels findet eine zunehmende seitliche Dehnung statt, der sich die Elastizität des Muskels mit zunehmender Kraft widersetzt. Ein Teil des Kraftaufwandes des Muskels wird zur Überwindung dieser Elastizität verbraucht und so dem Arbeitserfolg entzogen.

E. Die absolute Muskelkraft.

Die Kraft eines Muskels kann durch das Gewicht einer Last, die er eben noch zu heben vermag, ausgedrückt werden. Diese Gewichtsgröße wird „absolute Muskelkraft" genannt. Sie steht offenbar in gleichem Verhältnis zu der Zahl der einzelnen Muskelfasern des Muskels, da sie sich ja aus der Summe der Leistungen der einzelnen Muskelfasern zusammensetzt. Die Zahl der Fasern eines Muskels drückt sich in seinem Querschnitt aus, oder besser, im Querschnitt der Muskelfasern. Beide sind durchaus nicht immer gleichbedeutend; sie sind es nur bei Muskeln mit parallelen, in der Längsrichtung des Muskels verlaufenden Fasern. Sonst muß der Faserquerschnitt mit dem Muskelquerschnitt einen Winkel bilden. Man berechnet die absolute Muskelkraft, um vergleichbare Zahlen zu erhalten, auf den Quadratzentimeter Muskelquerschnitt. Sie beträgt für den ausgeschnittenen Froschmuskel etwa 3 kg.

E. Weber hat zuerst eine Methode angegeben, die absolute Muskelkraft der Muskeln des lebenden Menschen zu messen. Die Methode selbst kann hier nicht näher besprochen werden. Sie ergibt für die Unterschenkelmuskeln des Menschen etwa 5,9 kg absolute Muskelkraft, für die Armmuskulatur 8,2 kg. Der Unterschied erklärt sich aus der verschiedenen Dicke und verschieden dichten Lagerung der Muskelfasern in den verschiedenen Muskeln.

F. Die Arbeitsleistung des Muskels.

Die eigentliche Arbeitsleistung des Muskels ist natürlich durch die absolute Muskelkraft nicht ausgedrückt. Sie ist vielmehr gleich dem **Produkt der gehobenen Last und der Höhe**, um welche die Last gehoben wird. Dabei ist nochmals zu beachten, daß die Kraft des Muskels mit zunehmender Verkürzung abnimmt, eine Last also gegebenen Falles nur bis zu einem Bruchteil der maximalen Hubhöhe des Muskels gehoben wird. Ein unbelastet zu maximaler Hubhöhe sich zusammenziehender Muskel leistet ganz offenbar nicht die höchste Arbeit. Er hebt nur sich selbst, was etwa der Hebung seines halben Eigengewichtes bis zur maximalen Hubhöhe entspricht. Ein Muskel, der ein schweres Gewicht überhaupt nicht zu heben vermag, verbraucht zwar viel Kraft, hat aber gar keinen Arbeitserfolg. Der höchste Arbeitserfolg liegt in der Mitte, wie sich am anschaulichsten aus der auf der vorigen Seite abgedruckten Zusammenstellung von R. du Bois-Reymond ergibt.

Die maximale Hubhöhe der menschlichen Muskeln ist individuell verschieden, sie beträgt durchschnittlich $^3/_4$ der Muskellänge, wobei selbstverständlich nur die Länge des eigentlichen Muskels und nicht auch die der Sehne gerechnet werden darf. Die Arbeitsleistung eines Muskels ist demnach abhängig sowohl von der absoluten Muskelkraft als auch von der Länge des Muskels. Ein an sich schwächerer, aber längerer Muskel kann also unter Umständen mehr Arbeit leisten als ein stärkerer, aber erheblich kürzerer Muskel.

Die Muskeln sind nun beim lebenden Menschen stets so nahe am Drehpunkte ihres einen Knochenhebels angebracht, daß schon eine geringe Verkürzung die größtmögliche Bewegung im Gelenk hervorbringt. Diese Verkürzung beträgt $^1/_4$—$^1/_2$ der maximalen Hubhöhe, liegt also innerhalb der Grenzen der höchsten Kraftentfaltung des Muskels. Das ist jedoch bis zu einem gewissen Grade einzuschränken. Die Körper-

muskeln befinden sich sämtlich dauernd im sogenannten Muskeltonus, ind also stets etwas über ihren wirklichen Ruhezustand hinaus verkürzt und ziehen sich daher schon bei Beginn der Bewegung nicht mehr völlig mit ihrer größtmöglichen Kraft zusammen. Die Seite 247 genannten Vorteile des Muskeltonus wiegen diesen geringen Nachteil auf. Wir können außerdem durch das sogenannte „Ausholen", z. B. beim Wurf, einen Teil der Muskeln durch die Antagonisten bis zum Ruhezustand ausdehnen, von wo aus dann ja die größte Kraftentfaltung möglich ist. Wir setzen ferner beim Ausholen gleichzeitig eine größere Anzahl von Muskeln hinter die Bewegung, z. B. beim Wurf die Rumpfmuskeln, und verstärken die Kraft weiter durch die Einschaltung eines größeren Hebelarmes.

Die Größe des Kraftaufwandes des Muskels bei seinen Arbeitsleistungen ist von großer Bedeutung. Es war schon Seite 203 erwähnt, daß der menschliche Körper etwa 33 % der entstehenden Energie in mechanische Arbeit und $^2/_3$ in Wärme umsetzt. Ein großer Teil der Wärme entsteht schon im Muskel selbst, was durch die Tatsache bewiesen wird, daß die Temperatur des Venenblutes eines zu starker Tätigkeit gereizten Muskels $^1/_2{}^0$ höher ist als die Temperatur des Arterienblutes vor Eintritt in den Muskel. Das erklärt sich am besten durch innere Reibungen in der Muskelsubstanz, die am stärksten werden müssen, wenn andere dehnende Kräfte eine tatsächliche Verkürzung verhindern, wie es bei der Hebung einer sehr großen Last der Fall ist. Die größere Wärmebildung, also der Verbrauch unverhältnismäßig großer Energiemengen in diesem Fall ist experimentell nachgewiesen. Die gleichen Verhältnisse liegen bei dauerndem Beharren in der Verkürzung vor. Man denke an dauerndes Beharren in halbem Kurzhang, halbem Beugestütz, halbtiefer Kniebeuge, in der Wage, im Hang mit Vorheben beider Beine und entsprechende Übungen oder Berufstätigkeiten. Hierher gehört auch das allmähliche Nachgeben der angespannten Muskeln, z. B. beim langsamen Übergehen aus Beugehang in Streckhang und bei anderen Bewegungen, wobei langsames Nachlassen mit Wiederanspannen des Muskels, jedoch ohne Verkürzung, wechselt und darum besonders viel Energie in Wärme umgesetzt wird. Danach müßte man an sich, um ökonomisch zu arbeiten, stets möglichst schnelle Bewegungen machen, was aber beim Überschreiten einer gewissen mittleren Geschwindigkeit der Bewegungen wieder andere Erschwerungen ergibt. Dahin gehört die Notwendigkeit stärkerer Nervenreize, das Beharrungsvermögen des zu bewegenden Körpers und besonders der zu große Stoffverbrauch in der Zeiteinheit, dem bei umfänglicheren Schnelligkeitsbewegungen Herz und Lunge, bei örtlichen Schnelligkeitsbewegungen (Strecken und Beugen eines Armes) die örtlichen Blutgefäße nicht gewachsen sind. So kommt es, daß Bewegungen in einer mittleren Geschwindigkeit am längsten fortgesetzt werden können und daher die günstigsten Verhältnisse zur Übung des Muskels bieten.

Die ungeschickte Verwendung der Muskeln bei ungeübter Koordination, wo ein Muskel immer dem anderen teilweise entgegenarbeitet, vermindert den Nutzwert der Arbeitsleistung nicht nur unmittelbar, sondern aus ähnlichen wie den oben erörterten Gründen auch durch größere Wärmebildung. Der Körper arbeitet demnach bei jeder neuen, ungewohnten Übung weniger ökonomisch. So verbrauchen wir z. B. schon mehr Energie, wenn wir mit größeren Schritten als gewöhnlich gehen. Der Nutzwert der

aufgewandten Energie beträgt nur im günstigsten Falle 33 %, kann aber, wie leicht verständlich ist, um die Hälfte geringer sein. Dabei wird die Wärmebildung nicht nur im Muskel, sondern auch durch andere Reibungen, etwa bei den Bewegungen der Gelenkflächen gegeneinander, vermehrt. Auch hier kann Energie gespart werden, wenn die Gelenke durch Übung beweglicher werden, während die Ermüdung auch die Beweglichkeit der Gelenke, namentlich durch Muskelspannungen, herabsetzt und damit den Energieverbrauch erhöht.

G. Die elastische Dehnbarkeit des Muskels.

Die zweite Eigenschaft des Muskels ist die elastische Dehnbarkeit. Der Muskel kann durch eine Kraft über seinen Ruhezustand hinaus gedehnt werden und besitzt die Fähigkeit, sich nach Aufhören der dehnenden Kraft vermöge seiner Elastizität wieder bis zum Ruhezustand zu verkürzen. Die dehnende Kraft (oder Gewicht) braucht im Beginn der Dehnung nur gering zu sein. Bei fortschreitender Dehnung wächst aber die elastische Kraft immer mehr, die Dehnung verlangsamt sich, bis sie ganz aufhört. Dann muß die dehnende Kraft vermehrt werden, bis der Muskel weder durch Dauerwirkung, noch durch Erhöhung der dehnenden Kraft weiter gedehnt werden kann, vielmehr zerreißen würde. Die eigene Elastizität zieht nun den Muskel nach Aufhören der dehnenden Kraft ziemlich schnell bis auf einen gewissen Dehnungsrückstand wieder zusammen. Der Dehnungsrückstand verschwindet erst allmählich im Laufe einiger Minuten. Also bewirkt auch die Elastizität schnelle Anfangsverkürzung, allmähliche Schlußverkürzung, entsprechend der bei größerer Dehnung stärker zur Geltung kommenden elastischen Kraft. Die elastische Kraft des Muskels nimmt bei der Muskelarbeit ab, so daß der arbeitende Muskel weiter als der ruhende Muskel gedehnt werden kann. Das gilt in noch höherem Grade vom ermüdeten Muskel, bis die dauernde Übermüdung des Muskels eine gewisse Schwäche der Elastizität zurücklassen kann. Bei den Skelettmuskeln kommt das vermöge ihrer Befestigung kaum in Frage, wohl aber beim Herzmuskel, auf den das einströmende Blut dauernd als dehnende Kraft einwirkt. Nunmehr verstehen wir auch, daß die Wiederausdehnung des zusammengezogenen Muskels bei Ermüdung infolge Schwächung der quergerichteten elastischen Kraft langsamer verläuft.

2. Vorgänge im Muskel bei den verschiedenen Arten der Leibesübungen.

A. Kraft-, Dauer- und Schnelligkeitsübungen.

Es ist von selbst einleuchtend, daß schwache Muskelzusammenziehungen zur Bewegung leichter Lasten länger hintereinander fortgesetzt werden können als solche mit größerer Kraft, da ja in der Zeiteinheit weniger Kraft verbraucht wird. Schwächere Zusammenziehungen erfordern auch schwächere Reize vom Nervensystem, so daß auch von dieser Seite her eine längere Dauer der schwachen Muskelzusammenziehung gegeben ist. Noch längere Zeit werden schwache Muskelzusammenziehungen bei gleichzeitiger geringer Hubhöhe fortgesetzt werden können, da ja, wie wir sahen, bei Beginn der Verkürzung am wenigsten Kraft zur Überwindung anderer Widerstände ver-

braucht wird. Diese Kraftersparnis kommt wiederum aus dem gleichen Grunde sowohl der Muskelkraft als der Nervenkraft zugute. Schließlich können Gewohnheitsbewegungen bei ihrer geringen Inanspruchnahme des Zentralnervensystems (s. S. 244) langdauernd ohne Pause ausgeführt werden, um so länger, je weniger dabei der einzelne Muskel in der Zeiteinheit Arbeit zu leisten hat, wie das ja bei den als Dauerübungen bezeichneten Bewegungen der Fall ist.

Umgekehrt werden natürlich Muskelzusammenziehungen zur Bewegung großer Lasten oder mit großer Hubhöhe oder mit ungewohnten Muskelzusammenstellungen oder gar mit allen drei Erschwerungsmöglichkeiten aus leicht ersichtlichen Gründen nur kurze Zeit hintereinander fortgesetzt werden können. Außerdem kann offenbar die besondere Schnelligkeit der Zusammenziehung in ihren verschiedenen Graden neben oder an Stelle der kräftigen und ausgiebigen Zusammenziehung die Dauer von Bewegungen abkürzen, da auch hier eine große Kraftentfaltung des Nervensystems und des Muskels auf einen kleinen Zeitraum zusammengedrängt wird.

Die Leibesübungen können nach den geschilderten verschiedenen Arten der Betätigung des Muskels in Dauerübungen, Kraftübungen und Schnelligkeitsübungen eingeteilt werden. Auch Bewegungen des täglichen Lebens und des Berufes lassen sich in solche Gruppen einordnen.

B. Die Durchblutung des Muskels bei den verschiedenen Übungsarten.

Nach den bisherigen Erörterungen könnte man annehmen, daß die verschiedene Art der Betätigung der Muskeln nur eine zeitliche Verschiebung seines Kraftaufwandes bedeute. Das ist aber nicht der Fall. Dauerbewegungen können nicht nur länger fortgesetzt werden, auch die Summe ihrer Kraftentfaltung ist eine viel größere als bei den Kraftübungen. So gilt ein Marsch von 30 km auf ebenem Wege als keine übermäßig große Anstrengung, und doch beträgt die geleistete Arbeit eines 75 kg schweren Mannes dabei etwa 187 500 kgm. Derselbe Mann müßte ein Gewicht von einem Zentner vom Erdboden bis zur Höhe der gestreckten Arme (rund 1,90 m) nicht ganz 1974mal stemmen, um die gleiche Kraftleistung zu vollbringen! Was sind dagegen die Leistungen unserer größten Athleten? Das Verständnis dafür wird sich aus der Betrachtung der Kraftquellen und des Blutkreislaufes des Muskels ergeben.

Der Muskel nimmt die Kraft zur Zusammenziehung aus den chemischen Energievorräten der Nährstoffe, die durch chemische Umwandlung, Zerlegung und Oxydation frei werden. Sowohl die Nährstoffe als der zur Zerlegung nötige Sauerstoff sind in geringen Vorräten im Muskel aufgestapelt, müssen aber dauernd aus dem Blute ergänzt werden. Außerdem müssen die Zerlegungs- und Oxydationsprodukte, im wesentlichen Kohlensäure und Harnstoff, sowie die Ermüdungsstoffe aus dem Muskel fortgeschafft werden. Je mehr Kraft der arbeitende Muskel in der Zeiteinheit entfalten muß, um so mehr Nährstoffe und Sauerstoff braucht er auf einmal, um so mehr Zerlegungsprodukte muß er auf einmal abgeben. Daher werden die zuführenden Arterien durch Vermittelung des Nervensystems erweitert, die Arterien anderer Körpergebiete

verengert, so daß der arbeitende Muskel bei gleicher Herzarbeit mehr Blut erhält. Dazu vermehrt der Wechsel zwischen Zusammenziehung und Erschlaffung des Muskels rein mechanisch seine Durchblutung. Die Zusammenziehung preßt das venöse Blut des Muskels weiter, wenn auch eine ausgiebige Auspressung, die (nach Experimenten mit ausgebluteten Muskeln) einer kraftvollen Zusammenziehung nur schaden würde, nicht stattfinden kann, da die Zusammenpressung auch die Lichtung der Venen im Innern zusammendrückt und so dem Blut teilweise selbst den Weg zum Austritt verlegt. Immerhin wird in den Blutgefäßen ein größerer leerer Raum geschaffen, der bei der nachfolgenden Erschlaffung des Muskels durch das in reichlicherer Menge nachgepumpte Arterienblut ausgefüllt wird. So wird das durch Erweiterung der zuführenden Arterie dem Muskel reichlicher zuströmende Blut tatsächlich auch leichter durch den Muskel hindurchgetrieben. Darum ist es wohl verständlich, daß die den arbeitenden Muskel durchströmende Blutmenge 5—10 mal so groß ist wie die Blutmenge, die den ruhenden Muskel ernährt. Aber auch die gesamte Muskelsubstanz wird besser durchblutet, da die Reaktion des Muskels, der in der Ruhe alkalisch oder neutral reagierte, durch die bei der Arbeit auftretende Milchsäure sauer wird und so die Aufsaugungsfähigkeit des Muskeleiweißes für das alkalische Blutplasma vermehrt. Nur darf man sich nicht vorstellen, daß sich eine so vielfach vermehrte Menge gleichzeitig im Muskel befände, namentlich nicht während des Stadiums der Zusammenziehung. Da ist die absolute Blutmenge eher verringert, denn sonst wäre auch die geringfügige Verringerung des Rauminhaltes während der Zusammenziehung nicht möglich. Jedenfalls hat das Stadium der Erschlaffung zwischen zwei Zusammenziehungen den Hauptanteil an der vermehrten Durchblutung des arbeitenden Muskels. Die unbedeutende Verringerung des Rauminhaltes (Volum) des Muskels während des Stadiums der Zusammenziehung wird durch das Auspressen des venösen Blutes aus dem Muskel verursacht.

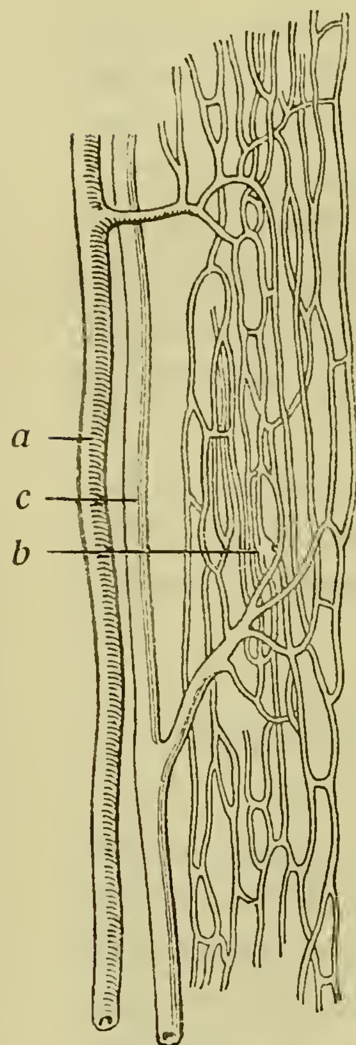


Abb. 179. Mikroskopisches Bild der Blutgefäße des Muskels. *a* Arterie, *b* Haargefäße oder Kapillaren, *c* Vene. 250fache Vergrößerung. (Nach Frey.)

Der Anteil des Stadiums der Zusammenziehung an der Durchblutung des Muskels wird bei Zunahme der Kraft oder Ausgiebigkeit (also bei Kraftübungen) und, über einen bestimmten Grad hinaus, auch der Schnelligkeit der Verkürzung (Schnelligkeitsübungen) noch geringer. Denn das Hartwerden der Muskelsubstanz verhindert in zunehmendem Maße den Eintritt des arteriellen Blutes in den Muskel, während das Auspressen des Venenblutes zum mindesten nicht vermehrt wird, da ja das gleichzeitig eintretende Zusammenpressen der Lichtung der Venen im Innern des Muskels sich nicht verringert. Je kräftiger also die Zusammenziehung des Muskels wird, um so mehr entfällt die stärkere Durchblutung des arbeitenden Muskels auf das Stadium der Erschlaffung und weiter auf die Zeit der Ruhe nach der Arbeit. Die Durchblutung vermag dann kaum die nötigen Nährstoffe und Sauerstoff zur Energieerzeugung herbeizuführen, noch viel weniger die Menge der Zersetzungsprodukte und Ermüdungsstoffe fortzuschaffen. So bleibt nach jeder Zusammen-

ziehung ein Rest zurück. Die Reste summieren sich und beginnen die Substanz des Muskels zu lähmen oder, wie man sich ausdrückt, zu ermüden. Daher stammt auch der Name Ermüdungsstoffe. Kraftleistungen eines Muskels können infolgedessen nicht lange hintereinander fortgesetzt werden. Der ermüdete Muskel braucht zuerst stärkere Reize, verkürzt sich dann langsamer, kraftloser, weniger ausgiebig, bis er sich schließlich gar nicht mehr zusammenzieht. Es muß eine Ruhepause eintreten, um den Muskel wieder von den Ermüdungsstoffen zu befreien und dem Muskeleiweiß selbst Zeit zur Erholung von der Nachwirkung dieser Giftstoffe zu geben.

Noch ungünstiger liegen die Ernährungsverhältnisse, wenn der Muskel bei Kraftübungen in der Verkürzung verharrt, z. B. im Kurzhang. Denn da fällt das Stadium der Erschlaffung mit seiner besseren Durchblutung ganz fort, die Ermüdung muß also noch viel schneller eintreten, was weiter durch den großen Energieverbrauch infolge besonders hoher Wärmebildung beschleunigt wird. Ähnlich ist es bei der hemmenden Tätigkeit der Muskeln, so beim ganz langsamen Übergehen von Kurzhang in Langhang, von Streckstütz in Beugestütz oder bei ganz langsamen, tiefen Kniebeugen.

Die Ermüdung tritt bei Dauerübungen mit ihrer weniger ausgiebigen Verkürzung des Muskels viel später ein, da einmal im einzelnen Muskel weniger Ermüdungsstoffe gebildet werden, zweitens die Durchblutung des Muskels auch während der Zusammenziehung ausreichend ist und die Ermüdungsstoffe daher fast restlos fortgeschafft werden können. So kommt es, daß die Kraftentfaltung des einzelnen Muskels bei Dauerübungen sich nicht nur auf längere Zeit verteilt, sondern die Summe seiner Kraftentfaltung eine bei weitem größere sein kann als bei Kraftübungen.

C. Die Ermüdung des Muskels.

Die Ermüdung entsteht durch die lähmende Wirkung der angehäuften Zersetzungsprodukte, im besonderen der Ermüdungsstoffe. Die Art, wie die Anhäufung zustande kommt, haben wir bereits kennen gelernt. Die Natur der Ermüdungsstoffe ist noch nicht völlig bekannt, ihre wesentlichsten Bestandteile sind Milchsäure und das von Weichardt gefundene Kenotoxin. Die Zusammensetzung des Kenotoxins ist noch nicht geklärt, ebensowenig die Zusammensetzung des von Weichardt hergestellten Antikörpers gegen das Kenotoxin, durch dessen Einspritzung er die Wirkung der Ermüdungsstoffe bekämpfen will. Eine Kritik der Zweckmäßigkeit solcher Bekämpfung ist zur Zeit noch nicht möglich und für die Zwecke des vorliegenden Buches auch unnötig, da sie noch keine praktische Bedeutung gewonnen hat.

Ein ermüdeter Muskel wird durch einige Ruhe bald wieder leistungsfähig, da die vermehrte Durchblutung nach der Arbeit anhält und die Oxydationsprodukte und Ermüdungsstoffe entfernt. Die Kohlensäure wird schnell an das Blut abgegeben und in der Lunge ausgeatmet. Die Abgabe der Ermüdungsstoffe an das Blut geht aber nicht so schnell vor sich, weshalb ein Muskel, der nach kurzer Ruhe wieder arbeiten muß, schneller ermüdet als vorher. Zwingt man den Muskel trotzdem nach kurzer Ruhe immer wieder zur Arbeit, so dauert die endgültige Herabsetzung der Leistungsfähigkeit viel länger, oft mehrere Tage an und ist mit Muskelschmerzen verbunden. Man muß annehmen, daß durch die starke Reizung der Zusammenziehung ein stär-

kerer Zerfall von Muskelsubstanz stattgefunden hat, die sich erst allmählich wieder ersetzt. Die Ermüdungserscheinungen des Muskels treten nun nicht, wie man annehmen könnte, vom Beginn der Arbeit an in allmählich wachsender Stärke auf, sondern man beobachtet zunächst eine Steigerung der Muskelleistung. Die Ermüdungsstoffe könnten, wie andere Giftstoffe, zuerst reizend, dann lähmend auf den Muskel einwirken. Das scheint jedoch nicht der Fall zu sein. Vielmehr wirken sie (im besonderen die Milchsäure) zunächst reizend auf den Nerven, der dem Muskel stärkere Reize zuführt und so eine stärkere Leistungsfähigkeit des Muskels vortäuscht. Die Leistungsfähigkeit wird aber zunächst tatsächlich erhöht und zwar durch die bei der Arbeit entstehende Wärme. Es ist bewiesen, daß eine geringe Temperatursteigerung die Leistungsfähigkeit des Muskels vermehrt, ebenso, daß die Temperatur des Muskels bei der Arbeit tatsächlich steigt.

D. Erhöhung der Leistungsfähigkeit des Muskels.

a) **Erhöhung der Leistungsfähigkeit im allgemeinen.**

Der arbeitende Muskel wird, wie wir sahen, besser durchblutet. v. Ranke stellt den Satz auf: „Nur das arbeitende Organ wird normal ernährt". Diese Ernährung erstreckt sich auch auf die Zufuhr von Organsubstanz, sei es zum Ersatz verbrauchter oder zum Aufbau neuer Substanz. Kein Organ des Körpers zeigt den Aufbau neuer Substanz durch die Arbeit so augenfällig wie der Muskel. Er nimmt bekanntlich an Dicke und, entsprechend seinem größeren Durchschnitt, an Kraft zu. Die Dickenzunahme entsteht durch Dickenzunahme der einzelnen Muskelfasern und durch Vermehrung der Zahl der Muskelfasern.

Die einzelnen Muskelfasern nehmen an Muskelsubstanz zu und können das Dreifache ihrer sonstigen Dicke erreichen, was jedoch mehr eine Begleiterscheinung der allgemeinen besseren Ernährung ist. Die Arbeit ändert aber auch die stoffliche Zusammensetzung des Muskels. Der Muskel wird wasserärmer, die größeren oder kleineren Fettansammlungen zwischen den einzelnen Muskelfasern werden eingeschmolzen, die eigentliche Muskelsubstanz vermehrt. Eine unmittelbare Erhöhung der absoluten Muskelkraft ist die Folge. Das Fett und der reichlichere Wassergehalt bildeten ja im ungeübten Muskel eine mechanische Behinderung der Zusammenziehung, so daß der schwächere Muskel noch größere Arbeit ohne Nutzwert zu leisten hatte. Auch war der Nutzwert seiner Arbeit weiter durch Fortschaffung des bei der Fetteinschmelzung entstehenden Wassers herabgesetzt. Die Übung des Muskels erhöht sein spezifisches Gewicht, entsprechend der Zunahme des schwereren Eiweißes und der Abnahme des leichteren Wassers und Fettes.

Die Zahl der Muskelfasern wird dadurch erhöht, daß die Muskelzellen, deren Kerne im Sarkoplasma liegen (s. S. 9), zu neuen Muskelfasern auswachsen.

b) **Der einseitige Betrieb von Kraftübungen und die Erhöhung der Muskelkraft.**

Die Dicke eines Muskels kann bis um das Fünffache zunehmen, was nur durch Kraftübungen erreicht wird. Die Übung darf dabei aber nicht jedesmal bis zur völligen Ermüdung oder Erschöpfung fortgesetzt werden, weil sie dann wegen zu langen Ruhebedürfnisses des Muskels zu lange ausgesetzt werden muß oder nur unvollkom-

men durchgeführt werden kann. Eine so große Zunahme der Muskelmasse ist jedoch durchaus kein erstrebenswertes Ziel. Die Muskeln betragen durchschnittlich 45% der Körpermasse. Eine sehr stark vermehrte Muskelmasse bedarf einer bedeutend vermehrten Ernährung mit Blut, das anderen Organen entzogen wird. Das gilt besonders von Herz und Lungen, die durch Kraftübungen durchaus nicht in entsprechendem Maße zu erhöhter Tätigkeit herangezogen werden. Daher werden Herz und Lunge im Verhältnis zur Größe der Körpermuskulatur schlechter ernährt und sind bei Athleten oft erstaunlich schwach entwickelt. Die athletische Muskulatur zeigt ferner einen verstärkten Muskeltonus. Alle Beweger des Schultergürtels und des Oberarmes setzen am Brustkorb an und können ihn mittelbar oder unmittelbar heben. Ihr verstärkter Tonus wird daher den Brustkorb in dauernder Einatmungsstellung erhalten, wodurch die Elastizität des Lungengewebes geschädigt wird. Dann entwickelt sich leicht Lungenerweiterung mit ihrer geringen Vitalkapazität, ihrer sauerstoffarmen Alveolarluft und ihrem sauerstoffarmen Blut, eine Schädigung, die durch die stattfindende Pressung häufig noch weiter gesteigert wird.

Die mächtigen Muskelmassen hindern oft rein mechanisch eine ausgiebige Annäherung zweier Knochen, zwischen denen sie liegen, so die stark entwickelten Unterarmbeuger die Annäherung des Unterarmes an den Oberarm. Eine weitgehende Verkürzung der Muskeln, die schon durch die eigene Dicke beschränkt ist, wird dadurch überflüssig, die Gelenke verlieren die freie Beweglichkeit. Die Bewegungen von Athleten sind daher zwar kräftig, aber wenig ausgiebig, plump und langsam. Die Ausdauer der Muskeln wird durch Kraftübungen nicht genügend ausgebildet, da die überaus kräftige Zusammenziehung aus den im vorigen Abschnitt erörterten Gründen eine schlechtere Durchblutung der Muskeln als mittelkräftige Zusammenziehung bedingt und die Muskeln daher schneller ermüden läßt. Die gewaltige Kraft der athletischen Muskeln läßt sehr bald nach, sobald die Übung fehlt. Daher soll man ausgesprochen mechanische Kraftübungen, wie z. B. Gewichtstemmen, schon aus rein muskelphysiologischen Gründen überhaupt nicht betreiben.

Selbstverständlich müssen die Muskeln zeitweise auch zu stärkster und ausgiebigster Zusammenziehung gezwungen werden. Das geschieht am besten durch die deutschen Gerätübungen, die neben ihren sonstigen Vorzügen die hervorragendsten Dienste zur Ausbildung einer gewissen wünschenswerten Muskelkraft leisten. Aber auch sie müssen durch Dauerübungen ergänzt werden.

c) Die Erhöhung der Dauerleistung.

Der Muskel kann eine gewisse mittlere Arbeit, wie wir sahen, lange Zeit ununterbrochen fortsetzen. Diese Ausdauer wird durch Übung weiter gesteigert. Die Blutgefäße des Muskels passen sich bei Bedarf immer der höheren Inanspruchnahme an und ermöglichen so eine weitere Verbesserung der Durchblutung und als Folge eine weitere Verringerung der Ermüdbarkeit des Muskels. Die nun mögliche größere Übung erhöht die Erregbarkeit des Muskels, so daß die Nerven, die selbst durch die Übung leistungsfähiger werden, trotzdem leichtere Arbeit haben. So folgt bei den Dauerübungen immer ein Grund zur weiteren Steigerung der Ausdauer aus dem anderen. Zu Dauer-

übungen eignen sich die Seite 244 genannten Gewohnheitsbewegungen am besten. Natürlich werden die Muskeln durch die andauernde Betätigung bei den Dauerübungen auch gekräftigt.

d) Schnelligkeitsübungen.

Die Schnelligkeitsübungen schaffen an sich günstige Verhältnisse für die Durchblutung des Muskels, der daher sogar die ungeheure Arbeitsleistung in der Zeiteinheit eine ganze Weile fortsetzen kann, wie sich bei schnellen Bewegungen einzelner Körperteile ergibt. Die Erhöhung der Leistungsfähigkeit für Schnelligkeitsübungen ist aber weniger von ihrem Einfluß auf den Muskel abhängig, ausschlaggebend ist vielmehr bei umfänglichen Schnelligkeitsübungen (Schnellauf, Schnellrudern, Schnellschwimmen und anderen) die Leistungsfähigkeit von Herz und Lunge. Ihre Kräftigung und gleichzeitig die Übung des Nervensystems im Erteilen entsprechender schneller Reize erhöht daher auch die Leistungsfähigkeit für Schnelligkeitsübungen.

Zweiter Abschnitt.

Die Leibesübungen und die Körperorgane.

1. Leibesübungen und Blutkreislauf.

A. Notwendigkeit vermehrter Herzarbeit bei Leibesübungen.

Die Leibesübungen bedingen einen Mehrbedarf an Nährstoffen und eine Mehrbildung von Stoffwechselprodukten. Beide werden durch den Blutkreislauf zugeführt oder fortgeschafft. Die Bedeutung des Blutkreislaufes und im besonderen des Herzens für die Leibesübungen ergibt sich daraus von selbst. Die Leistungsfähigkeit ist unmittelbar von der Beschaffenheit des Herzens und der übrigen Kreislauforgane abhängig. Das Herz genügt den vermehrten Ansprüchen 1. durch Vergrößerung des Schlagvolums, 2. durch Vermehrung der Schlagfolge. Beide sind daher für die Beurteilung des Einflusses der Leibesübungen auf das Herz von großer Bedeutung und zeigen sich in Erhöhung des Blutdruckes und Vermehrung der Zahl der Pulsschläge. Beide zwingen den Herzmuskel zu erhöhter Arbeit, da er eine größere Blutmenge in häufigerer Wiederholung durch seine Zusammenziehung fortbewegen muß. Die vermehrte Arbeit muß den Herzmuskel wie jeden anderen Muskel üben und damit kräftigen. Die Notwendigkeit solcher Übung steht im Mittelpunkt aller Bestrebungen für die Hebung der Volkskraft und Volksgesundheit. Dabei müssen die Übungen der jeweiligen Kraft des Herzens angepaßt sein, um Überanstrengungen zu vermeiden. Es ist daher nötig, den Einfluß der verschiedenen Leibesübungen auf das Herz besonders zu betrachten. Das gilt namentlich im Hinblick auf die Hebung und Erhaltung der Wehrkraft. Alle führenden Männer auf diesem Gebiete, im besonderen v. Schjerning, haben auf die Notwendigkeit einer allmählichen Steigerung der Herzkraft hingewiesen.

Die verschiedenen Arten der Leibesübungen müssen entsprechend der Menge ihres Stoffbedarfes in der Zeiteinheit und entsprechend der Dauer dieses Bedarfes dem Herzen verschiedene Arbeit zumuten und daher verschiedenen Wert für die Übung des Herzens haben. Wir legen der Besprechung wieder die drei Arten, Dauerübungen, Kraftübungen und Schnelligkeitsübungen, zugrunde. Bei allen drei Arten kann man örtliche und

umfängliche Übungen unterscheiden, die natürlich nicht streng voneinander geschieden sind, sondern allmählich ineinander übergehen.

B. Die einzelnen Gruppen der Leibesübungen und das Herz.

a) Örtliche Übungen.

Wirklich streng örtlich begrenzte, willkürliche Bewegungen, d. h. solche, bei denen ein einzelner Muskel in Tätigkeit tritt, gibt es wohl überhaupt kaum, jedenfalls werden sie nicht zum Zwecke der Leibesübung angewandt. Örtliche Bewegungen im weiteren Sinne kommen bei mechanischen Handgriffen in vielen Berufstätigkeiten (Schreiben, das Durchziehen der Nadel beim Handnähen, Handgriffe an Maschinen und anderes mehr) vor. Einige Freiübungen der oberen Gliedmaßen gehören zu den örtlichen Bewegungen im weiteren Sinne. Auch die Klimmzüge können noch zu den örtlichen Kraftübungen gerechnet werden, wenn man sie nur so lange fortsetzt, wie die Kraft der Armmuskeln reicht, und man dabei nicht eine zu große Menge von Hilfsmuskeln heranzieht. Denn dadurch verlieren die Klimmzüge die Eigenschaft einer örtlichen Übung auch im weiteren Sinne völlig und wirken immer mehr wie umfängliche Kraftübungen auf das Herz. Der Wert aller dieser örtlichen Übungen für das Herz ist nur gering. Der Mehrbedarf der wenigen Muskeln, wenn er auch noch so groß im einzelnen ist, erhöht den Gesamtbedarf nur um einen kleinen Bruchteil und wird nahezu durch Erweiterung der örtlichen Blutgefäße gedeckt. Auch die Erhöhung der Widerstände infolge der schlechten Durchblutung der Muskeln während der Zeit der Zusammenziehung bewirkt bei örtlichen Kraftübungen keine erhebliche allgemeine Blutdrucksteigerung.

Örtliche Schnelligkeitsübungen sind etwas wirkungsvoller, da ihr Stoffbedarf auf kurze Zeit zusammengedrängt ist und so für die Zeiteinheit einen größeren Teil des Gesamtstoffwechsels ausmacht. Dazu wird der Körper durch die ruckweisen Bewegungen erschüttert und muß durch Anspannung der übrigen Muskeln ruhig gestellt werden, wodurch die Zahl der tätigen Muskeln erheblich erhöht wird. Die Übungen verlieren dadurch freilich immer mehr die Eigenschaften von örtlichen Übungen.

b) Umfängliche Übungen.

α) Dauerübungen. Dauerübungen sind Gehen, Steigen, Schwimmen, Rudern, Radfahren, soweit sie nicht durch Beschleunigung zu Schnelligkeitsübungen werden. Der Stoffbedarf des einzelnen Muskels in der Zeiteinheit ist, wie wir sahen, bei den Dauerübungen zwar nur ein geringer, der Gesamtstoffbedarf aber bei der großen Zahl der beteiligten Muskeln ein recht erheblicher. Die Dauerübungen verlangen daher erhöhte Herzarbeit in der Zeiteinheit. Sie können weiter, wie wir sahen, lange hintereinander fortgesetzt werden und zwingen damit den Herzmuskel zu einer Dauerarbeit und Dauerübung, die für das Herz, dem ohne jede Pause zeitlebens arbeitenden Muskel, ganz besonders wertvoll ist. Ferner können die Anforderungen der Dauerübungen an das Herz entsprechend seiner fortschreitenden Kräftigung erhöht werden, so daß das Herz systematisch stufenweise gekräftigt wird. Das Gehen wird zum schnellen Gehen, zum Wandern, zum Dauerlauf. Beim Steigen kann neben der Beschleunigung der Bewegung die Steigung und damit die Arbeitsgröße der Muskeln erhöht werden.

Rudern und Schwimmen ermöglichen schnelleres Tempo, ihre Anforderungen ändern sich in ruhigem Wasser, bei starkem oder schwachem Strom, stromab oder stromauf. Auch das Radfahren läßt sich anstrengender oder leichter gestalten. Jedoch kommen hier noch andere Gesichtspunkte in Betracht, die das Radfahren nur in mäßigem Tempo auf ebener Straße empfehlenswert erscheinen lassen. Die Dauerübungen können auch durch eingelegte Pausen in der Länge ihrer Einwirkung auf das Herz abgestuft werden.

β) Kraftübungen. Umfängliche Kraftübungen erfordern einen größeren Energieverbrauch in der Zeiteinheit und stellen daher auch größere augenblickliche Anforderungen an das Herz. Sie sind deshalb geeignet, das schon kräftigere Herz durch anstrengende vorübergehende Arbeit weiter und andersartig zu stärken. Die Einwirkung der Kraftleistungen ist aber grundverschieden, je nachdem die Pressung dabei in Anwendung kommt oder nicht. Nur die Kraftleistungen der Arme und des Rumpfes sind mit der Pressung verbunden, während ausschließliche Kraftleistungen der Beine in dieser Beziehung unbedenklich sind. Es ist ferner ein wesentlicher Unterschied, ob es sich um Dauerkraftleistungen der Arme und des Rumpfes oder um kurzdauernde Kraftleistungen mit Wechsel von Zusammenziehung und Erschlaffung der Muskeln handelt.

Dauerkraftleistungen der Arme und des Rumpfes müssen die Seite 197 näher beschriebene Pressung voll zur Ausbildung bringen und das Herz durch die gewaltige Arbeit und schlechte Ernährung während der Pressung und durch die Dehnung bei Lösung der Pressung außerordentlich stark belasten. Sie können nur von besonders kräftigen Herzen und auch da nur gelegentlich, nicht gewohnheitsmäßig, ohne Schaden ertragen werden. Hierher gehören das Stemmen und Heben größter Gewichte, das Ringen, langdauernde Wage am Reck und andere mehr. Soweit diese Übungen, wie etwa das Ringen, praktischen Nutzen gewähren, mögen sie zu diesem Zweck von Menschen mit durchaus kräftigem Herzen ab und zu geübt werden, die anderen sind völlig zu verwerfen.

Kurzdauernde Kraftleistungen mit Wechsel von Zusammenziehung und Erschlaffung der Muskeln sind wesentlich anders zu beurteilen. Hierher gehören viele Freiübungen und namentlich Gerätübungen des deutschen Turnens, ferner das Schleudern von Bällen, Speerwerfen, Stabsprung und andere anstrengende Sprünge. Bei diesen Übungen kommt es nur zu vorübergehender Druckerhöhung in der Brust- und Bauchhöhle, also zu großen Druckschwankungen, ohne daß die Zeit zur Ausbildung der falschen Blutverteilung mit ihren Schädigungen ausreicht. Natürlich bedeuten auch derartige Übungen im Augenblick der Druckerhöhung eine Belastung des Herzens, verschieden groß, je nach der Schwere der Anstrengung. Das muß ein gesundes und kräftiges Herz aber aushalten können. Es wird durch sie an augenblickliche stärkere Anforderungen gewöhnt, um so mehr, als diese Übungen alle mehrmals wiederholt werden können. Eine systematische Steigerung der Herzkraft durch Dauerübungen muß natürlich vorhergegangen sein.

Es muß noch erwähnt werden, daß ungeübte Menschen, besonders Kinder, den Atem auf der Höhe der Einatmung auch bei Übungen anhalten, die meist gar nicht als Kraftleistungen angesehen werden, für sie aber durch ungeschickte Ausführung oder durch Mangel an Kraft zu Kraftleistungen und wegen der langsamen Ausführung zu Dauerkraftleistungen werden. Das ist besonders häufig bei Stützübungen, aber auch

bei anderen Übungen der Fall. Darauf muß man von vornherein beim Turnunterricht achten, da die entstehende Pressung für das noch schwache Herz erst recht schädlich ist. Dagegen vermögen besonders geschickte und geübte Menschen bei Übungen frei zu atmen und die Pressung auszuschalten, wo sie sonst in Anwendung kommt (z. B. bei der Wage).

γ) Schnelligkeitsübungen. Die Schnelligkeitsübungen fordern die höchste Arbeitsleistung des Herzmuskels in der Zeiteinheit und können daher nur kurze Zeit fortgesetzt werden. Man kann berechnen, daß ein Läufer von mittlerem Gewicht bei einem Schnellauf von einer Minute Dauer eine Energie von etwa 50 Kal. verbraucht. Das ist ungefähr der 50. Teil der Tagesenergie eines ruhig lebenden Menschen und der 100. Teil der Tagesenergie eines schwer arbeitenden Menschen. Und der Tag hat 1440 Minuten. Der durchschnittliche Energieverbrauch des ruhig arbeitenden Menschen wird also um das 28fache, der des schwer arbeitenden Menschen um das 14fache gesteigert. Die gewaltige Steigerung der Pulszahl bis zu 200 und 250 Pulsschlägen in der Minute wird dadurch verständlich. Auch ist es kein Wunder, wenn der Läufer gelegentlich am Ziele zusammenbricht und längere Ruhe zur Erholung nötig hat. Ähnlich verhält es sich bei noch kürzeren Läufen, bei denen eine verhältnismäßig noch größere Arbeitsleistung auf eine noch kleinere Zeit zusammengedrängt ist. Für die Technik der Schnelligkeitsübungen ergibt sich daraus die Regel, bei kurzen Strecken höchste Schnelligkeit von Anfang an, bei langen Strecken erst allmählich zur höchsten Schnelligkeit anwachsen. Mittlere Strecken sind gerade darum so anstrengend, weil bei ihnen noch die ganze Strecke in gleicher Schnelligkeit gelaufen werden soll. Die Erhöhung des Blutdruckes entspricht der Erhöhung der Pulszahl. Derartige Leistungen können natürlich nur einem bereits kräftigen Herzen zugemutet werden, das die akute Ermüdung, die sich in vorübergehendem Versagen und in Schwankungen der Herztätigkeit ausspricht, ohne Schaden überwinden wird, wenn es nicht zu häufig derartige Leistungen vollbringen muß. Ein noch nicht ausgewachsenes Herz darf wohl Schnelligkeitsübungen betreiben, sie aber in keinem Fall durch wirklichen Wettkampf bis zur Grenze der Leistungsfähigkeit steigern. Zu den Schnelligkeitsübungen gehören Schnellauf, Schnellrudern, Schnellschwimmen und Schnellradfahren, die alle in Form von Wettkämpfen betrieben werden. Sie sind eine ausgezeichnete Schule der Willenskraft, was sich nach dem Gesagten von selbst ergibt.

δ) Die Spiele. Die Spiele vereinigen Dauerübungen und Schnelligkeitsübungen, zu denen noch Schlagfertigkeitsübungen hinzukommen. Dabei sorgen die Pausen für die nötige Ruhe. Die Spiele verbinden also die zweckvollste Übung des Herzens mit der nötigen Erholung. Sie sind daher für die Kräftigung des Herzens, namentlich der Kinder und der heranwachsenden jungen Leute, von überaus großem Werte.

c) **Erleichterung der Herzarbeit bei umfänglichen Übungen.**

Wir haben gesehen, daß der Wechsel zwischen Zusammenziehung und Erschlaffung das Durchströmen des Blutes durch den Muskel erleichtert, indem die Zusammenziehung das Venenblut weiterpreßt und so Platz für das nachdrängende Arterienblut schafft. Mit anderen Worten, die Arbeit des Muskels verringert die Widerstände in seinem Kapillarsystem. Daher wird diejenige von zwei Übungen mit gleichem

Stoffverbrauch, also gleichen Ansprüchen an den Kreislauf, weniger Herzarbeit verlangen, die den Stoffverbrauch auf eine größere Zahl von Muskeln verteilt. Das Herz wird also bei umfänglichen Übungen schon nach geringen Ansprüchen an die Grenze seiner Leistungsfähigkeit kommen, wenn etwa nur die Hälfte der Körpermuskeln tätig ist, da dann die Verringerung der Widerstände in dem Kapillarsystem der untätigen Muskeln fehlt. So hat das Herz beim Radfahren mit seiner einseitigen Beteiligung der unteren Gliedmaßen verhältnismäßig mehr Arbeit zu leisten als beim Rudern. Auch das Laufen ist verhältnismäßig anstrengender als das Rudern, aber natürlich weniger anstrengend als das Radfahren, da es viel mehr Muskeln als dieses in Tätigkeit setzt. Besonders günstig liegen hierin die Verhältnisse beim Schwimmen, das allerdings durch die Einwirkung des Wassers wieder anstrengender wird. Der erwähnte Gesichtspunkt muß auch bei der Beurteilung der Schwierigkeit der Gerätübungen und Freiübungen berücksichtigt werden. Man kann also den Satz aufstellen: Die Einschaltung einer größeren Zahl von Muskeln erleichtert bei umfänglichen Übungen die verhältnismäßige Arbeit des Herzens. Aber wohlgemerkt, das gilt nur bei Wechsel von Zusammenziehung und Erschlaffung, nicht bei Dauerzusammenziehung, bei der die Widerstände vielmehr vermehrt werden, da der Eintritt des Blutes in den Muskel erschwert ist. Deshalb sind auch aus diesem Grunde die Dauerkraftübungen besonders anstrengend. Dieser Gesichtspunkt muß bei der Ausführung von Bewegungen in einer Dauerhaltung, etwa von Armbewegungen in der Kniebeuge, beachtet werden. Armbewegungen in Verbindung mit Kniebeugen und -strecken sind wesentlich zweckmäßiger.

Die Durchblutungsmöglichkeit des arbeitenden Muskels kann ebenfalls durch Übung weiter erhöht werden. Die daraus folgende Erleichterung der Herzarbeit bei gut trainierten Muskeln drückt sich durch verhältnismäßige Verringerung des Blutdruckes bei der gleichen Arbeitsleistung aus.

C. Herzhypertrophie und Herzerweiterung.

Die Mehrarbeit kräftigt den Herzmuskel. Dabei muß die Muskelmasse des Herzens wie bei jedem anderen Muskel zunehmen. Die daraus folgende Vergrößerung des Herzens nennt man Herzhypertrophie. Sie ist ein durchaus erstrebenswertes Ziel, muß sich aber in solchen Grenzen halten, daß die einzelnen Herzteile untereinander und zum Gesamtkörper in einem gewissen Verhältnis bleiben, worüber sich jedoch noch keine bestimmten Angaben machen lassen.

Man sieht erst in neuerer Zeit eine Herzhypertrophie in gewissen Grenzen als physiologisch an. Vergleiche aus der Tierwelt haben diese Anschauung mit befestigen helfen. So beträgt nach Grober-Jena die Masse des Herzens, auf 1000 Körpermasse berechnet, beim

Stallkaninchen	Wildkaninchen	Hasen	Eichhorn	Hamster	Hausente	Wildente
2,40	2,76	7,75	6,40	4,40	6,98	11,02.

Daraus ergibt sich, daß Tiere, die größere Körperleistung vollbringen müssen, größere Herzen haben als Tiere verwandter Arten, die sich wenig bewegen.

Daneben wurde von amerikanischen Autoren eine Verkleinerung des kräftigen Herzens unmittelbar nach Schnelligkeitsübungen festgestellt und von Moritz durch

Röntgenaufnahme bestätigt. Das wäre durch eine kräftigere und vollständigere Zusammenziehung zu erklären. Doch bedarf es wohl noch weiterer Bestätigung, ob die Verkleinerung für alle Dimensionen gilt oder durch Verkleinerung in einzelnen Durchmessern bei gleichzeitiger Vergrößerung in anderen Durchmessern vorgetäuscht wird.

Das Herz kann auch durch Erweiterung seiner Höhlen vergrößert sein. Diese Vergrößerung wird Herzerweiterung genannt und beruht auf einer Überdehnung der muskulösen Herzwandung. Das Schlagvolum des Herzens kann, wie wir sahen, nur vermöge der Dehnbarkeit des Herzmuskels, die ihm wie jedem anderen Muskel eigen ist, vergrößert werden. Eine Überdehnung wird dabei durch die elastische Kraft des Herzmuskels verhindert. Auch diese elastische Dehnbarkeit kann durch Übung erhöht werden. Der Herzmuskel verliert aber wie jeder andere Muskel in der Ermüdung einen Teil seiner elastischen Kraft. Er muß dann durch das mit erhöhter Kraft in das Herz einströmende Blut, etwa bei sehr anstrengenden Leibesübungen oder beim Lösen der Pressung, überdehnt werden. Häufigere und bei schwachem Herzen schon einmalige Überdehnung verursacht eine dauernde Herzerweiterung, die die Leistungsfähigkeit des Herzmuskels erheblich herabsetzen muß, nur sehr schwer heilt und wohl immer eine gewisse Schwäche des Herzens zurückläßt. Daher gilt es bei Leibesübungen allmähliche Steigerung, Vorsicht und Individualisierung.

D. Leibesübungen und Blutgefäße.

Der Blutkreislauf ist wesentlich durch die Elastizität der Arterien bedingt. Gesteigerter Blutdruck dehnt die Arterien stärker, beschleunigte Herztätigkeit häufiger. Beide stellen damit erhöhte Anforderungen an die Elastizität der Arterien und vermögen sie demgemäß zu üben. Bei mangelnder Übung, verbunden mit üppiger Ernährung, degeneriert das Gewebe der Gefäßwände, die Elastizität nimmt ab, die Wände werden an einzelnen Stellen gedehnt, es lagern sich Fett und Kalksalze ab, und die Arterienverhärtung entsteht. Auf der anderen Seite kann zu häufige, übertriebene Inanspruchnahme der Elastizität die gleichen Folgen haben, so namentlich bei der gewaltigen Blutdrucksteigerung der Kraftübungen oder der im Übermaß betriebenen Schnelligkeitsübungen. Beginnende oder fortgeschrittene Arterienverhärtung oder -verkalkung wird natürlich durch Blutdruckerhöhungen verschlimmert. Hohe plötzliche Blutdrucksteigerung kann bei vorgeschrittener Arterienverkalkung ein Bersten oder Verstopfen der Blutgefäße bewirken, das je nach der Örtlichkeit (Gehirn, Herzarterie) großen Schaden anrichten oder den Tod herbeiführen kann.

Auch die glatten Muskelfasern der Arterien werden durch die Leibesübungen gekräftigt, da sie dann häufiger den örtlichen Zufluß des Blutes zu den Muskeln erhöhen, zu anderen Organen verringern müssen.

Die Bedeutung der Leibesübungen für den Rückfluß des Blutes in den Venen ist schon Seite 195 erörtert worden.

E. Leibesübungen und Blut.

Man kann nach dem Betrieb von Leibesübungen eine Vermehrung der Zahl der roten Blutkörperchen und gleichzeitig eine Vermehrung des Hämoglobingehaltes nachweisen. Auch das wird verständlich, da ja das Hämoglobin und damit die roten Blut-

körperchen die Träger des Sauerstoffes sind, dessen Bedarf durch Leibesübungen so bedeutend vermehrt wird. Die blutbereitenden Organe müssen also bei Leibesübungen durch nervöse Einflüsse Reize zu erhöhter Tätigkeit empfangen.

2. Leibesübungen und Atmungsorgane.

A. Dauerübungen, Kraftübungen und Schnelligkeitsübungen.

Die Tiefe und die Schnelligkeit der Atembewegungen richten sich nach dem Atembedürfnis des Körpers. Da dieses durch die Leibesübungen erhöht wird, muß auch die Atmung vertieft und beschleunigt werden. Örtliche Leibesübungen werden die Atmung nur unwesentlich beeinflussen.

Von den umfänglichen Leibesübungen werden die Dauerübungen eine gleichmäßig vertiefte und beschleunigte Atmung hervorrufen, die nach der Ausführung der Übung verschieden ist. Je mehr die Dauerübungen den Charakter der Schnelligkeitsübungen annehmen, werden sie die höchsten, überhaupt möglichen Anforderungen an die Atmungsorgane stellen, bis uns die eigentlichen Schnelligkeitsübungen bald an die Grenze der Leistungsfähigkeit der Atmungsorgane, zu Atemnot, führen.

Während unser Atembedürfnis in der Ruhe im wesentlichen durch die Bauchatmung und eine geringe Erweiterung der unteren Teile des Brustkorbes gedeckt wird, muß der Mehrbedarf hauptsächlich durch ausgiebigere Hebung des Brustkorbes herbeigeschafft werden. Die verschiedenen Atemmuskeln und Hilfsatemmuskeln werden also in erster Linie durch die Leibesübungen geübt und gekräftigt. Die ausgiebigeren und schnelleren Bewegungen erhöhen weiter die Beweglichkeit des Brustkorbes. Die Rippenwirbelgelenke werden beweglicher, die Elastizität der Rippenknorpel wird größer. Während des Wachstums übt die stärkere Bewegung einen dauernden Reiz zu vermehrtem Wachstum auf Rippenknochen und Rippenknorpel aus, so daß der Umfang des Brustkorbes tatsächlich wächst.

Die einströmende Luft sucht die Lunge soweit als möglich zu dehnen. Je weiter also die Brustkorbwände nach außen rücken, um so mehr werden die Lungen gedehnt. Dabei nimmt ihre Dehnungsfähigkeit und gleichzeitig ihre Elastizität zu. Letztere kann freilich durch zu starke Inanspruchnahme geschädigt werden. Darum muß man auch hier allmählich vorgehen. Die Lunge muß erst geübt werden, ehe man hohe und höchste Anforderungen an sie stellt. Die Elastizität der Lungen wird besonders durch langes Beharren im Zustande größter Lungenausdehnung geschädigt. Da sind selbst kräftige, geübte Lungen nicht geschützt, wie das häufige Vorkommen der Lungenerweiterung bei Schwerathleten lehrt. Auch aus diesem Grunde sind Dauerkraftübungen besonders für Kinder und heranwachsende junge Leute zu verwerfen. Aber auch zu langes Beharren auf der Höhe der Einatmung bei den Atemübungen vermag die Elastizität der noch wenig kräftigen Kinderlungen zu schädigen. Andererseits muß die Elastizität der Lunge auf die genannte verständige Art dauernd geübt werden, da sie ja die Hauptrolle bei der Ausatmung und namentlich bei der ausgiebigeren Ausatmung spielt, deren Wichtigkeit beim erhöhten Sauerstoffbedarf wir kennen lernten. Die Elastizität darf nicht etwa nur durch Dehnung der Lunge geübt werden, muß vielmehr auch häufig Gelegenheit haben, die Lungen ausgiebig zusammenzuziehen,

um im Bedarfsfall kräftig und schnell genug den letzten Rest der Vorratsluft auspressen zu können.

Zur weiteren Veranschaulichung des günstigen Einflusses der Leibesübungen auf die Atmungsorgane sei nur kurz auf die in anderen Abschnitten besprochene, gute, allseitige Durchblutung der Lungen bei tiefer Atmung und auf die Einflüsse der Atembewegungen auf das Herz und den Blutkreislauf hingewiesen.

Wir sahen schon, daß der Schnellauf von einer Minute Dauer den durchschnittlichen Energieverbrauch des ruhig arbeitenden Menschen auf das 28fache, den des schwer arbeitenden Menschen auf das 14fache steigert. Daher schnappt der Läufer am Ziel nach Luft und sucht sie gewissermaßen hinunterzuschlingen, der Wettruderer stützt die Arme auf die Bootsränder, um eine größere Zahl von Hilfsatemmuskeln in Tätigkeit zu setzen. Beide zeigen vorübergehend die Erscheinungen höchster Atemnot, so daß Atemzahlen von 120—140 in der Minute vorkommen, natürlich auf Kosten der Tiefe der Atemzüge. Der letzte Überschuß an Sauerstoff war eben aufgebraucht, obgleich schon während der Übung so viel Hilfsatemmuskeln als möglich in Tätigkeit gesetzt wurden. Die Schultern wurden, wenn es die Art der Übung gestattete, durch Mönchskappenmuskel, Schulterblattheber, Kopfhalter und Rautenmuskel hochgezogen (der Oberarm durch den Deltamuskel) und damit der Ursprung der vom Schultergürtel und Oberarm zum Brustkorb verlaufenden Muskeln (kleiner Brustmuskel, großer Sägemuskel, großer Brustmuskel, breiter Rückenmuskel) festgestellt und höher gelegt, um ihnen eine ausgiebigere Hebung des Brustkorbes zu ermöglichen. Aber erst am Ziele kann die Kraft dieser Muskeln durch Aufstützen der Arme voll ausgenützt werden.

Die Erweiterung des Brustkorbes allein genügt aber nicht, die Luft kann durch die engen oberen Atemwege nicht schnell genug ein- und ausströmen. Deshalb wird durch Öffnen des Mundes nachgeholfen. Die Nachteile des Atmens mit offenem Munde sind oben eingehend besprochen worden. Kräftig arbeitende, gesunde Lungen werden aber den gelegentlichen Kältereiz des Atmens mit offenem Munde bei nicht zu kalter Außentemperatur ohne dauernde Schädigung ertragen können und etwaige Staubteile durch Schleimabsonderungen unschädlich machen und wieder aushusten. Das Atmen mit offenem Munde muß aber auf die Gelegenheiten beschränkt bleiben, wo es auf den Erfolg ankommt. Bei den Übungen soll man möglichst mit geschlossenem Munde auszukommen suchen. Kinder sollen stets mit geschlossenem Munde einatmen. Übungen, bei denen sie das nicht können, sind an sich zu anstrengend für sie. Wettkämpfe mit eigentlichen Höchstleistungen dürfen ja schon der Herzkraft wegen nicht zu früh begonnen werden, wobei der Zeitpunkt des Beginnes nach Art der Übung und der Entwicklung des Übenden verschieden ist. Kann sich ein Kind an das Atmen mit geschlossenem Mund nicht gewöhnen, so ist die Nase meist durch Wucherung oder Vergrößerung der Rachenmandel verengert. Das Übel soll auch aus anderen Gründen (Schädigung des Stoffwechsels, Beeinträchtigung der geistigen Fähigkeit) ärztlich beseitigt werden. Der Einfluß der Leibesübungen auf die Lungen und auf den gesamten Stoffwechsel kann nur in guter Luft voll zur Geltung kommen. Die Leibesübungen sollen daher so viel wie möglich im Freien betrieben werden.

B. Die Atemübungen.

Die Einatmung wird wesentlich erhöht durch Seitwärts- oder Aufwärtsheben der Arme, die dabei möglichst weit nach hinten zu führen sind. Nur so können die Hilfsatemmuskeln, wie das im vorigen Abschnitt beim Hochheben der Schultern beschrieben wurde, ausgiebig in Tätigkeit treten. Auch Strecken bzw. Überstrecken des Rumpfes in der Brustwirbelsäule (wie bei der Spannbeuge) vermehrt die Erweiterung des Brustkorbes. Damit werden die Rippen gleichzeitig gehoben, schon bevor sie selbst durch eigene Muskeln ihren Winkel zur Wirbelsäule verändern. Die weitere Überstreckung in der Lendenwirbelsäule (turnerisch: Rumpf rückwärts beugen) bedingt keine weitere Vergrößerung des Brustraumes, weil das Zwerchfell dabei durch Verkleinerung der Bauchhöhle nach oben gedrängt wird. Ein sehr häufiger Fehler der Kinder bei der Einatmung ist zu beachten. Sie machen alle Einatmungsbewegungen durchaus ausgiebig und atmen doch nicht ein, verschließen vielmehr reflexartig den Kehldeckel. Das geht so weit, daß sie unbemerkt schnell einen kleinen Atemzug zwischendurch machen, um den genügenden Sauerstoff zu erhalten. Man muß also bei Atemübungen auf das zischende Geräusch achten, das Einströmen und Ausströmen der Luft verursachen, und darf nicht eher nachlassen, bis alle Kinder wirklich einatmen können. Ferner wird häufig ein längeres Beharren auf der Höhe der Einatmung gefordert. Das ist nicht unbedenklich, da es die Lungen überdehnen und damit ihre Elastizität schädigen kann. Eine kleine Pause wird sich bei wirklich ausgiebiger Einatmung zwecks Umschaltung zur Ausatmungsbewegung nicht vermeiden lassen und schadet auch nichts.

Eine ausgiebige Ausatmung ist für den Gasaustausch ebenso wichtig wie eine ausgiebige Einatmung und die Vorbedingung für eine tiefe und ruhige Atmung überhaupt. Und doch atmen nur wenige Menschen völlig aus. Die Ausatmung ist daher besonders zu üben. Dabei sind die seitwärts oder aufwärts gehobenen Arme wieder zu senken, damit der Brustkorb herabsinken kann. Der Brustraum wird weiter durch Vorwärtsbeugen des Rumpfes verkleinert, da dann das Zwerchfell durch Zusammendrücken des Bauchinhaltes nach oben geschoben wird. Beides wird durch Kreuzen der Arme über Bauch und Brust und Pressen der Hände gegen den Leib noch vermehrt. Auch tiefe Kniebeuge engt den Bauchraum und damit den Brustraum ein. Nur so kann die Elastizität der Lungen so weit als möglich geübt werden.

Die Atemübungen werden vielfach mit „Hüften fest" ausgeführt. Das ist zweifellos eine Unterstützung der Einatmung, da die Ursprungsstellen oder Ansatzstellen der Hilfsatemmuskeln an Schultergürtel und Oberarm auch hierbei nach oben gerückt werden. Die Ausatmung wird dadurch aber behindert, da der Brustkorb nicht völlig herabsinken kann. Daher dürfen die Hände nicht unbeweglich an die Hüften gelegt werden, müssen vielmehr in Hüfthöhe um den Rumpf herumgleiten, bei der Ausatmung nach vorn, wobei ein Druck auf den Leib auszuüben ist, bei der Einatmung nach hinten, um festen Stütz für den Schultergürtel zu finden.

Einzelne Teile der Lungen werden zu besonders tiefer Atmung veranlaßt, wenn man den Rumpf seitwärts beugt und in die dadurch eingeengte Seite die Hand möglichst weit nach oben stützt. Damit wird die gleichnamige Lungenhälfte an der Atmung gehindert und die andere Lungenhälfte zu um so tieferem Atmen gezwungen.

Die richtige Ausführung der Atembewegung ist oft sehr schwer zu erreichen. Man bedient sich deshalb kleiner Hilfsmittel, namentlich bei Kindern. Wenn sie blasen wie der Wind, wie auf der Trompete, wie beim Lichtausblasen, lernen sie das Ausatmen, wenn sie riechen „wie an der Rose", lernen sie das Einatmen.

Die Atembewegungen können willkürlich nur kurze Zeit tief ausgeführt werden, sie stellen sich bald zwangsmäßig nach dem Atembedürfnis des Körpers ein. Man läßt daher gleichzeitig mit den Atemübungen oder in den eingelegten Pausen lebhafte Bewegungen ausführen, um das Atembedürfnis möglichst zu erhöhen. Etwas leisten schon die genannten Freiübungen, die die Atemführung unterstützen sollen. Leibesübungen, die durch Erhöhung des Atembedürfnisses die Atemführung vertiefen, sind daher die besten Atemübungen. Nur decken viele Menschen ihr größeres Atembedürfnis durch schnellere, anstatt durch tiefere Atemzüge, da sie das Tiefatmen nicht verstehen. Sie sollen durch die Atemübungen allmählich tiefe Atemführung lernen. Man übertrage das gelernte Tiefatmen möglichst bald auf Dauerlauf und andere Übungen, damit es zur völligen Gewohnheit wird. Ist das erreicht, so wird die Leistungsfähigkeit der Lungen am besten durch Dauerübungen und Schnelligkeitsübungen gesteigert. Natürlich sind künstliche Atemübungen auch dann noch in Ermangelung oder als Ersatz anderer Übungen sehr wertvoll.

Das Zeitmaß der Atemübungen soll dem natürlichen Zeitmaß entsprechen, also 16—20 Atemzüge in der Minute (bei Kindern 20) betragen. Die Atemübungen müssen selbstverständlich in guter Luft, bei offenem Fenster, noch besser im Freien vorgenommen werden.

3. Leibesübungen und Skelett.

A. Allgemeine Einflüsse.

Die Leibesübungen haben auf alle Bestandteile des Skelettes, Knochen, Knorpel und Bänder, einen großen Einfluß, da letztere selbstverständlich an der besseren Ernährung des ganzen Körpers infolge des verbesserten Blutkreislaufes teilnehmen. Die Knochen werden außerdem unmittelbar beeinflußt. Sie sind die festen Hebel, an denen die Muskeln ansetzen, und zwar vermittels der Knochenhaut. Jeder Muskelzug übt daher einen gewissen Reiz auf die knochenbildende Knochenhaut aus. So werden die Ansatzstellen, Höcker, Leisten, Knorren, durch stärkeren Zug stärker herausgearbeitet und zeigen durch ihre ausgeprägte Form, ob ein Mensch zu Lebzeiten viel Leibesübungen getrieben oder sonst körperlich gearbeitet hat. Der knochenbildende Reiz beschränkt sich nicht allein auf die Ansatzstellen, die gesamten Knochen werden durch Muskelzug massiver. Das beginnt schon im Kindesalter, wo sich die Knochen durch reichliche Bewegung kräftiger entwickeln. Die Stärke des Muskelzuges muß dabei der Stärke der Knochen angepaßt sein. So wäre es sehr verkehrt, zu früh Kraftleistungen zu verlangen, die nur zu Verbiegungen der noch schwachen Knochen führen müssen. Das gleiche gilt von Übungen, bei denen die Schwerkraft die noch schwachen Knochen verbiegen kann, in erster Linie von Stützübungen.

B. Haltungsübungen.

Die Beeinflussung des Skelettes durch Leibesübungen kommt besonders bei den Verkrümmungen der Wirbelsäule in Frage, die bereits eingehend besprochen wurden.

Ein großer Teil der hierher gehörigen Übungen wird unter dem Namen „Haltungsübungen" zusammengefaßt. Der Name bedeutet aber nicht Dauerhaltungen. Vielmehr soll die gewünschte Haltung immer wieder verlassen und von neuem eingenommen werden, da ja die Muskeln beim Wechsel von Zusammenziehung und Erschlaffung viel kraftvoller einwirken können! So ist die Rumpfsenkhalte viel wirksamer, wenn man sie nach Zählen mehrmals hintereinander aus der Rumpfbeugehalte vorlings oder aus aufrechter Stellung einnehmen läßt, als wenn man aus der aufrechten Stellung einmal in die Rumpfsenkhalte geht und darin beharrt. Auch die Spannbeuge lasse man immer von neuem einnehmen und nicht als Dauerhaltung ausführen. Der Zweck wird so besser erreicht und die bei Ungeübten vorliegende Gefahr einer allerdings geringen Dauerpressung vermieden. Das gleiche gilt vom Liegestütz vorlings. Man soll nur dann längere Zeit im Liegestütz beharren, wenn er mit Arm- und Beinbewegungen verbunden wird. Diese Bewegungen nehmen dem Liegestütz die Eigenschaft als Dauerhaltung, da sie auch die beim Liegestütz tätigen Muskeln dauernd in anderer Weise in Anspruch nehmen. Besonders wirkungsvoll, aber auch anstrengend, ist das Seitwärtslaufen im Liegestütz oder das Treten mit Armen und Beinen auf der Stelle. Die Haltungsübungen sollen ebenso wie die Kraftübungen in einem den Atembewegungen entsprechenden Zeitmaß ausgeführt werden.

Auch die Atemübungen beeinflussen das Skelett, wie das auf Seite 286 ausgeführt ist.

4. Leibesübungen und Nervensystem.

Das Nervensystem ist bei jeder Leibesübung beteiligt. Jede einfache Muskelzusammenziehung erfolgt auf einen Reiz vom Nervensystem aus. Bewegungen mit schwierigerer Koordination, wie Schlagfertigkeitsübungen, Gewandtheitsübungen, Gleichgewichtsübungen, Spiele, Fechten, erfordern eine hervorragende Betätigung des Nervensystems, so daß E. du Bois-Reymond mit Recht von einem „Turnen der Nerven" sprechen konnte. Schnelligkeitsübungen und Kraftübungen erfordern stärkere Nervenreize und kräftige Willensanstrengung. Das wurde alles in dem Abschnitt über das Nervensystem genau besprochen. Außerdem zieht das Nervensystem wie der übrige Körper aus der allgemeinen Hebung des Blutkreislaufes durch die Leibesübungen Nutzen. Es wird besser ernährt und daher gekräftigt. Ein guter Teil der fröhlichen Stimmung nach Körperbewegung ist darauf zurückzuführen. Eine genaue Besprechung der geistigen, psychischen und moralischen Werte der Leibesübungen gehört in das Gebiet der Methodik und Pädagogik.

5. Leibesübungen und die übrigen Organe.

Die Verdauungsorgane und die Ausscheidungsorgane werden durch den vermehrten Stoffwechsel infolge von Körperbewegung zu vermehrter Tätigkeit gezwungen, andererseits durch den auch ihnen zugute kommenden, gebesserten Kreislauf dazu befähigt. Die Haut muß als Wärmeregulierungsorgan durch die vermehrte Wärmebildung bei Körperbewegung besonders beeinflußt und geübt werden. Die Massage der verstärkten Bauchatmung trägt zu schnellerer Einschmelzung des Fettballastes bei und erleichtert so die peristaltischen Bewegungen der Verdauungsorgane, auch sorgt sie rein

mechanisch für besseren Rückfluß des Blutes in der Pfortader und in den Venen der Verdauungsorgane und stärkt sie so mittelbar in ihrer Tätigkeit.

Andererseits wird, wie wir sahen, der Hauptblutstrom während der Muskelarbeit und noch längere Zeit hinterher zu den Muskeln geleitet und anderen Organen teilweise entzogen. Die Verdauungsorgane werden daher während und eine Zeitlang nach der Muskelarbeit schlechter ernährt, sie werden weniger Verdauungssäfte absondern und ihre mechanische Arbeit schlechter verrichten. Daher muß eine längere Zeit zwischen Mahlzeiten und Leibesübungen liegen, wenn nicht die Verdauung und damit auf die Dauer die Ernährung und Gesundheit geschädigt werden soll.

Der Grund für das Auftreten von Eiweiß im Harn nach Leibesübungen ist noch nicht völlig geklärt, namentlich nicht die Frage, ob die Stellung des Körpers gesunde Nieren zur Eiweißausscheidung veranlassen kann (statische Albuminurie). Sicher findet sich nach anstrengenden Leibesübungen Eiweiß im Urin, das nach anfänglicher stärkerer Ausscheidung in einigen Tagen verschwindet, aber doch auf eine vorübergehende, mangelhafte Nierentätigkeit schließen läßt. Vielleicht üben die massenhaften Stoffwechselprodukte bei anstrengenden Übungen, die namentlich nach längerer Untätigkeit auftreten, einen lähmenden Einfluß auf das Nierengewebe aus. Sie können schwache Nieren dauernd schädigen. Daher dürfen sich nur Menschen mit völlig gesunden Nieren an anstrengenden Leibesübungen, die viel erheblichere Anforderungen an den Körper als schwerste Arbeit stellen, beteiligen.

6. Gerätturnen, Dauerübungen, Schnelligkeitsübungen, Haltungsübungen und die Ziele der Körperzucht.

Die Bedeutung der Gerätübungen ist schon an den verschiedensten Stellen erwähnt worden. Es erscheint aber doch notwendig, noch einmal im Zusammenhang darauf hinzuweisen. Die zeitweise zu große Betonung der Gerätübungen mit fast ausschließlicher Verlegung des Turnunterrichtes in die Halle hat als Reaktion eine Bewegung für Dauer- und Schnelligkeitsübungen im Freien hervorgerufen, die im Begriff ist, über das Ziel hinauszuschießen, allerdings nicht in dem Sinne einer Überschätzung dieser Art Übungen (denn sie können gar nicht hoch genug eingeschätzt werden, wie aus den Besprechungen in diesem Buche zur Genüge hervorgeht), wohl aber in dem Sinne einer Unterschätzung der Gerätübungen, die sich einmal bitter rächen kann. Die Unterschätzung findet sich zwar mehr in den Kreisen unerfahrener, begeisterter Anhänger der Dauer- und Schnelligkeitsübungen, während Fachleute, einschließlich der führenden Sportsleute, die Bedeutung der deutschen Gerätübungen voll würdigen. Die Bedeutung der verschiedenen Gruppen der Leibesübungen unter besonderer Berücksichtigung der deutschen Gerätübungen soll kurz noch einmal hervorgehoben werden.

Die Leibesübungen sollen 1. Herz und Lungen und damit die ganze Körperkonstitution kräftigen, 2. die Muskelkraft allseitig erhöhen, 3. Gewandtheit aller Art vermitteln, 4. Mut, Ausdauer und Entschlossenheit fördern und Freude und Lebenslust hervorrufen.

Herz und Lungen werden vorzugsweise durch die Dauer- und Schnelligkeitsübungen, durch jede in ihrer oben besprochenen Art, gekräftigt. Doch haben auch die deut-

schen Gerätübungen als kurzdauernde Kraftübungen ihren erwähnten Anteil daran. Außerdem ist daran festzuhalten, daß das deutsche Turnen von Anfang an Dauer- und Schnelligkeitsübungen umfaßte, die freilich eine Zeitlang zurückgetreten waren. Diese wichtigen Übungen sind zweifellos durch die verschiedenen Sportarten bereichert und verfeinert worden.

Die Erhöhung der allseitigen Muskelkraft ist für das Leben unentbehrlich und geschieht vornehmlich durch die deutschen Gerätübungen ohne Züchtung athletischer Körperformen und bei sachgemäßem Betrieb ohne die Schädlichkeiten der Dauerkraftübungen. Wirkliche Leistungen in Dauer- und Schnelligkeitsübungen verlangen eine gewisse Höhe der Muskelkraft. Darum sind die deutschen Gerätübungen auch von Sportsleuten (so namentlich in Amerika) geschätzt. Sie sind in sachgemäßer Verteilung auf die verschiedenen Lebensalter zur Heranbildung einer allseitigen kräftigen Muskulatur während des Wachstumes unentbehrlich. Die verschiedenen neueren Systeme für Stubengymnastik können die deutschen Gerätübungen nicht ersetzen. Zweifellos haben diese Systeme, namentlich das System Müller für die allgemeine Erkenntnis der Notwendigkeit von Körperausbildung viel geleistet. Aber auch das Müllersche System bleibt ein Notbehelf gegenüber dem frischen, gemeinsamen Treiben einer guten Turnstunde. Dazu führt das Müllern im Eifer viel leichter zu Übertreibungen. Andere Systeme, so namentlich die Selbstwiderstandsbewegungen des Prager Proschek verursachen Stauungen des Venenblutes, wie man an dem starken Hervortreten der Venenklappen sehen kann. Jedenfalls bedarf es noch eingehender Untersuchungen, ob ihr Schaden nicht den Nutzen überwiegt. Die Widerstände werden dadurch gesetzt, daß man Antagonisten gleichzeitig anspannt. Das erfordert eine ungeheure Willensanstrengung, die an sich viel Energie verbraucht und über die dem Lehrer jede Kontrolle fehlt. Diese Übungen sind daher für die Allgemeinheit oder gar für die Schule nicht zu empfehlen.

Für die Ausbildung der Gewandtheit und damit für die Nervengymnastik stehen die deutschen Gerätübungen an erster Stelle. Nur gewisse Kampfübungen, wie Stoßfechten und Spiele, können ihnen an die Seite gestellt werden. Und doch hat jede dieser verschiedenen Übungsarten ihre besonderen Vorzüge, die durch die anderen nicht ersetzt werden.

Namentlich hier versagt die schwedische Gymnastik vollständig, ebenso bei psychischen Wirkungen. Ihr Wert liegt besonders in der Bereicherung des deutschen Schulturnens durch Haltungsübungen. Dabei darf man freilich nicht vergessen, daß viele Übungen, die jetzt als schwedische gelten, wie Liegestütz, Rumpfsenken und andere Rumpfübungen, bereits von Jahn und Eiselen betrieben wurden, also deutschen Ursprunges sind und nur lange Zeit bei uns in Vergessenheit geraten waren.

Mut und Entschlossenheit werden in ganz hervorragender Weise durch die Gerätübungen entwickelt, Ausdauer und Willensenergie mindestens ebenso durch Dauer- und Schnelligkeitsübungen, während alle Leibesübungen, die einen frischen Betrieb ermöglichen, Freude und Lebenslust erwecken. Die übrigen erziehlichen Vorteile der Leibesübungen, wie Unterordnung, Gemeinsinn und andere Eigenschaften, können hier nicht besprochen werden.

7. Die Grenzen der Leistungsfähigkeit.

A. Ermüdung und Erschöpfung.

Ermüdung entsteht durch Mangel an Kraftstoffen und Überladung mit Ermüdungsstoffen, deren Natur Seite 277 besprochen wurde, Erschöpfung durch Abnutzung des Körpereiweißes über den normalen Grad hinaus. Beide setzen bei geringeren Graden die Arbeitsfähigkeit des betreffenden Organs mehr oder weniger herab, die Ermüdung für kürzere, die Erschöpfung für längere Zeit; beide heben bei höheren Graden die Arbeitsfähigkeit völlig auf, die Ermüdung vorübergehend, die Erschöpfung dauernd. Beide entstehen durch die gleiche Ursache, durch Arbeit; Ermüdung durch Arbeit, die den jeweiligen Kräften des Organs entspricht, Erschöpfung durch erhöhte Arbeit.

Ermüdung ist die notwendige Folge jeder Arbeit, also eine unvermeidliche Nebenerscheinung der Übung und Kräftigung eines Organs, die ja nur durch Arbeit, ausgiebige Arbeit, geschehen kann. Sie ist ein Warnungssignal für den Körper, dessen richtige Beachtung vor Erschöpfung schützt. Da Ermüdung und Erschöpfung aus gleichen Ursachen entstehen, so sind ihre Übergänge fließend. Schon geringe Grade von Erschöpfung beschränken die Übungsmöglichkeit und damit die Kräftigung der betreffenden Organe. Irgendwie nennenswerte Grade der Erschöpfung sind stets schädlich, also beim Betrieb von Leibesübungen, die uns kräftigen sollen, zu vermeiden. Freilich kommt es zur Beurteilung des Grades der Schädlichkeit wesentlich darauf an, ob ein wichtiges oder weniger wichtiges Organ betroffen ist. Demnach unterscheiden wir, teilweise nach dem Vorgang von Hueppe, Kolb und F. A. Schmidt,

a) Muskelermüdung und Muskelerschöpfung,
b) Herzermüdung und Herzerschöpfung,
c) Allgemeinermüdung,
d) Allgemeinerschöpfung.

a) Muskelermüdung und Muskelerschöpfung.

Die Muskelermüdung ist bereits auf Seite 277 besprochen worden. Die Zusammenziehung nutzt natürlich auch Muskeleiweiß ab. Diese Abnutzung summiert sich durch mehrfache Wiederaufnahme der Arbeit nach nur kurzer Ruhe, so daß der Muskel mehrere Tage geschwächt bleibt, Erschöpfung geringen Grades ist eingetreten. Das Schwächegefühl der Erschöpfung ist, besonders bei ungeübten Muskeln, mit den bekannten Schmerzen (Turnfieber) in den betreffenden Muskeln verbunden. Es ist nicht möglich, zu entscheiden, ob stärkere Durchblutung, gewisse Dehnung oder Erschöpfung des Muskels die Ursache für die Schmerzen sind. Man spricht dann auch nur selten von örtlicher Muskelerschöpfung, wenn es sich auch um solche handelt. Es ist unzweckmäßig, Leibesübungen häufiger bis zu diesem Grade fortzusetzen, da die Übungsmöglichkeit, der Zweck der Leibesübungen, dadurch für einige Zeit verringert wird. Örtliche Muskelerschöpfung höheren Grades kommt in der Praxis selten vor, da vorher eine Schädigung der zugehörigen Nervenelemente eintreten und den Muskel dauernd arbeitsunfähig machen würde, wie das tatsächlich in Ausnahmefällen nach fortdauernden, übertriebenen Anstrengungen einzelner Muskeln beobachtet wird. Meist handelt es sich auch da um krankhafte Anlage, so daß diese Ausnahmefälle für uns nicht in Betracht kommen.

b) Herzermüdung und Herzerschöpfung.

Der Herzmuskel hat die Fähigkeit, zeitlebens ohne eigentliche Ruhepause zu arbeiten. Die kurze Pause zwischen zwei Zusammenziehungen muß ihm genügen, seine Kraftstoffe zu ergänzen, die Ermüdungsstoffe abzugeben und sein abgenutztes Organeiweiß zu ersetzen. Das wird zweifellos erleichtert durch die rhythmische Zusammenziehung, die ja, wie wir sahen, die günstigsten Durchblutungsverhältnisse für einen Muskel bietet. Das Wesen dieser Unermüdlichkeit ist noch nicht ergründet, es muß in der besonderen Art der Herzmuskelfaser liegen. Trotzdem ist der Herzmuskel ermüdbar. Seine Ruhe besteht in geringerer Arbeitsleistung. Er bildet bei erhöhter Arbeitsleistung eine erhöhte Menge Ermüdungsstoffe und verbraucht den Vorrat an Kraftstoffen, so daß längere Ruhe in dem eben erwähnten Sinne folgen muß.

Folgt die Ruhe nicht, so zeigen sich Ermüdungserscheinungen wie bei anderen Muskeln; die Zusammenziehungen werden schwächer, das Herz muß daher noch schneller arbeiten, als an sich zur Befriedigung der erhöhten Ansprüche des Körpers an den Kreislauf nötig wäre; der Herzschlag wird unregelmäßig in der Schlagfolge als Zeichen zu großer Ermüdung im richtigen Augenblick der Zusammenziehung, unregelmäßig in der Stärke als Zeichen, daß zeitweise die Kraft zu völliger Zusammenziehung nicht ausreicht. Schließlich kann die Herzarbeit völlig aussetzen und der Tod eintreten. Meist kommt es aber nicht so weit. Schnelligkeitsübungen von kurzer Dauer (100 oder 200 m-Lauf) bewirken eine schnell eintretende Herzermüdung. Das Herz arbeitet bis zum Schluß kräftig und schnell, indem es alle Reservekräfte verbraucht. Da die Anstrengung nur wenige (10—30) Sekunden dauert, zeigen sich die Ermüdungserscheinungen erst nach beendeter Übung. Die Läufer brechen unter Umständen am Ziele bewußtlos zusammen, da das Herz das Gehirn nicht mehr genügend versorgen kann, die Pulszahl beträgt 200—250 Schläge. Und doch handelt es sich dabei offenbar um Ermüdung höchsten Grades, nicht um Erschöpfung des Herzens in unserem Sinne, da die Zeit zu erheblicher Abnutzung des Herzmuskeleiweißes zu kurz war. Das wird auch dadurch bewiesen, daß der Puls nach etwa 20 Minuten zur Ruhezahl und regelmäßigen Schlagfolge und Stärke zurückgekehrt ist. Die ersten Ermüdungserscheinungen sind Unregelmäßigkeiten in der Stärke des Herzschlages, zu denen sich nach $1^1/_2$—2 Minuten Aussetzen einzelner Pulsschläge (jeder 6. bis 10. Pulsschlag) gesellt, während die Pulszahl bald bis etwa 120 und nach wenigen Minuten bis 90 sinkt. Dann lassen die Erscheinungen allmählich im Laufe von 20 Minuten nach.

Derartige Leistungen schaden dem gesunden, kräftigen Herzen an sich nichts, wenn es nicht während der Zeit der Ermüdung Dehnungen ausgesetzt ist, denen ja ein ermüdeter Muskel viel eher nachgibt. Dazu genügt unter Umständen schon eine geringe nachträgliche Kraftanspannung, die das Blut mit vermehrtem Druck in das rechte Herz einströmen läßt, oder Vermehrung der Widerstände, die das ermüdete linke Herz sich nicht völlig entleeren lassen. An Wettkämpfen darf sich also nicht ohne weiteres jeder mit scheinbar gesundem Herzen ohne sachgemäße Anleitung beteiligen. Die Widerstände für das Herz wachsen auch durch stärkere Füllung des Gefäßsystems mit Flüssigkeit. Daher soll man nach Anstrengungen keine großen Flüssigkeitsmengen trinken, die zwar bald wieder ausgeschieden werden, inzwischen aber doch den inneren Druck im Gefäßsystem

und damit die das Herz dehnenden Kräfte erhöhen. Ein gutgeleitetes Training enthält auch darüber genaue Vorschriften.

Das Herz muß zu derartigen Anstrengungen durch Übung gut gekräftigt (trainiert) werden, darf aber nicht durch Übertraining, dessen erste Anzeichen oft nicht bemerkt werden, geschwächt sein. Auch äußere Umstände, ungewohnte Ernährungsweise, ungewohntes Klima, große Hitze in dem Orte des Wettkampfes, vermögen das gesunde, kräftige Herz zu schwächen, so daß sich, wie bei schwachen Herzen, schon während der Anstrengung Ermüdungserscheinungen, wie Aussetzen des Pulses, zeigen. Dann kann das Herz durch die dadurch entstehende vermehrte Füllung gedehnt werden. Die Ermüdungserscheinungen verschwinden dann nicht so schnell; die Pulszahl bleibt mehrere Stunden, oft bis zum nächsten Tage, um 8—12—20 Schläge erhöht und zeigt einen oder mehrere Tage die Neigung, auf geringe Bewegung wieder unverhältnismäßig anzusteigen. Das Aussetzen des Pulses, freilich in größeren Abständen, dauert an, vielleicht wird auch die Nachtruhe durch Herzunruhe gestört. Dann ist trotz der kurzen Dauer der Übung infolge anderer Umstände eine Erschöpfung, also bereits eine Schädigung des Herzens für einige Tage eingetreten. Auch diese wird ein gesundes Herz ohne nachhaltigen Schaden überwinden, wenn die Anzeichen nur beachtet werden und solche Schädigungen nicht häufiger erfolgen. Vorsicht ist aber auf jeden Fall am Platze.

Die Herzerschöpfung entsteht im allgemeinen mehr durch Dauerübungen als durch Schnelligkeitsübungen. Natürlich handelt es sich um Übertreibungen der Dauerübungen. Hierher gehören Gewaltmärsche, sowie Dauerläufe, Dauerrudern und Dauerradfahren, sobald sie den Charakter von Gewaltleistungen annehmen. Die dabei auftretende Herzermüdung ist mehr eine Teilerscheinung der Allgemeinermüdung, da die Herzarbeit in der Zeiteinheit nicht so groß ist, daß die Ermüdungsstoffe nicht aus dem Herzen entfernt werden könnten. Die Zeichen ungenügender Herzkraft werden zum Teil Folge der Allgemeinermüdung, zum Teil Folge der Herzerschöpfung sein. Es zeigen sich geringe Pulsbeschleunigung, zeitweises Aussetzen des Pulses, Unregelmäßigkeit in der Stärke, Neigung des Pulses, nach geringer Anstrengung unverhältnismäßig anzusteigen, Beklemmungsgefühle, im besonderen verminderter Blutdruck, die je nach der Größe der Übertreibung und der Kraft und Übung des Herzens mehrere Tage oder auch Wochen anhalten. Die Grenze der erlaubten Anstrengung ist natürlich individuell verschieden. Eingetretene Herzerschöpfung erfordert ebenso wie starke Ermüdungserscheinungen des Herzens die Zuziehung eines auf diesem Gebiete erfahrenen Arztes, dessen Anordnungen streng zu befolgen sind. Erholung von der Erschöpfung und auch der Ermüdung des Herzens dauert immer etwas länger als bei anderen Muskeln, da das ermüdete und erschöpfte Herz selbst das Material zur Besserung herbeischaffen muß.

c) **Allgemeinermüdung.**

Die Allgemeinermüdung ist die notwendige Folge jeder Dauerübung. Eigentliche Muskelermüdung ist dabei nicht vorhanden, da die im einzelnen Muskel bei der verhältnismäßig geringen Arbeitsleistung gebildeten Ermüdungsstoffe völlig fortgeschafft werden können Die Summe aller im Körper gebildeten Ermüdungsstoffe ist aber für eine genügende Ausscheidung zu groß. Sie kreisen daher in wechselnder Menge im

Blute und ermüden sämtliche Organe des Körpers, woran selbstverständlich die Muskeln ihren entsprechenden Anteil haben. Geringe Grade von Allgemeinermüdung zeigen großes Schlafbedürfnis und sind am anderen Morgen völlig verschwunden. Höhere Grade sind aber unangenehmer. Jeder Appetit auf feste Speisen fehlt, nur das Bedürfnis nach entsprechendem Flüssigkeitsersatz ist vorhanden. Am meisten ist das Nervensystem beteiligt. Trotz der Müdigkeit besteht ein Gefühl der Unrast, ferner häufig gereizte Stimmung. Der Schlaf ist unruhig. Man wälzt sich bei höheren Graden der Allgemeinermüdung im Halbschlummer umher, der von plötzlichem Aufschrecken und allerhand Zuckungen unterbrochen wird. Das Herz ist in Mitleidenschaft gezogen und kann die Unruhe durch die oben geschilderten Erscheinungen der Herzermüdung vermehren, die sich erst dadurch von der Herzerschöpfung unterscheiden lassen, daß sie schneller vergehen. Auch die Nieren können beteiligt sein. Die Harnabsonderung kommt trotz genügenden Flüssigkeitsersatzes erst langsam in Gang, außerdem versagen die Nierenepithelien teilweise ihren Dienst und lassen Eiweiß durch, während Beimengungen größerer Mengen von Salzen die natürliche Folge des größeren Stoffzerfalles sind. Die Ermüdungserscheinungen verschwinden am nächsten Morgen oder im Laufe des Tages völlig. Allgemeinermüdung höheren Grades ist bei Menschen mit schwachem Nervensystem nicht ganz gleichgültig, da eine Reizbarkeit oder vermehrte Schwäche leicht als Nachwirkung des Reizes der Ermüdungsstoffe zurückbleibt.

d) Allgemeinerschöpfung und Übertraining.

Allgemeinerschöpfung entsteht am leichtesten durch Häufung von Gewaltdauerleistungen. Wir sahen ja, welche gewaltigen Energiemengen (6000—10 000 Kal.) dabei verbraucht werden. Diese Mengen sind so groß, daß sie durch die aufgenommenen Nahrungsstoffe nicht völlig ersetzt werden können. In den ersten Tagen schadet das nicht viel, da die Reservestoffe, aufgespeicherte Kohlehydrate und Fette, verbraucht werden. Dann aber muß der Körper notgedrungen den Rest der verbrauchten Energiemengen durch Körpereiweiß decken, die Allgemeinerschöpfung beginnt. Es tritt Appetitlosigkeit oder auch Heißhunger ein, wobei die Nährstoffe nicht einmal mehr völlig ausgenützt werden. Die Reizbarkeit und der unruhige Schlaf werden chronisch, ebenso die Herzerscheinungen. Das Körpergewicht nimmt ab, es entsteht das Gefühl größter allgemeiner Mattigkeit. Werden die Körperanstrengungen trotz Beginn solcher Erscheinungen fortgesetzt, so entsteht zwar keine unmittelbare Lebensgefahr, wohl aber eine tiefgreifende Schädigung des ganzen Organismus, die Wochen und Monate völliger Ruhe und guter Ernährung zur Heilung braucht und oft dauernde Rückstände hinterläßt.

Zur Allgemeinerschöpfung gehört auch das Übertraining bei Schnelligkeitsübungen. Im Training werden zwar während der kurzen Übungszeit unverhältnismäßig viel Energiemengen verbraucht, doch wird der Durchschnittsverbrauch des ganzen Tages bei vernünftigem Training (d. h. nicht zu lang dauernder Übungszeit, etwa $^1/_2$ Stunde) nicht derartig erhöht, daß er nicht durch die aufgenommenen Nahrungsstoffe gedeckt werden könnte. Und doch kann der gut trainierte Mensch, wenn er den Höhepunkt seiner Leistungsfähigkeit erreicht hat, nur noch kurze Zeit in der gleichen Weise weiter üben, sonst tritt unweigerlich Allgemeinerschöpfung, das Übertraining,

ein. Die ersten Anzeichen sind nervöser Art, eine gewisse Reizbarkeit. Nach Kolb äußert sich die Nervosität verschieden, „der eine wird witzig, der andere lacht sehr viel, ein anderer kann sich über nichtssagende Dinge so ärgern, daß er Tische und Stühle umwirft, dieser wird hinterlistig und boshaft, der wieder zärtlich, kurz, jeder ändert für kurze Zeit seine Konstitution derart, daß sich seine Charaktereigenschaften, entsprechend seinem Temperament, akkumulieren" (bis zum höchsten Gipfel entwickeln). Ferner nimmt das Gewicht erst langsam, dann schneller ab, die Erscheinungen des schlechten Schlafes, der Herzerschöpfung treten auf, kurz, es entwickelt sich das Bild schwerer Allgemeinerschöpfung. So weit darf man es natürlich nicht kommen lassen. Ein weiteres Training in der bisherigen Art hat auch für den Erfolg des Wettkampfes gar keinen Zweck, da der Betreffende ja dauernd leistungsunfähiger wird. Also soll man das Training beim Beginn der ersten Erscheinungen durch Ruhetage, Herabminderung der Anforderungen abändern, um so das Übertraining zu vermeiden.

Die Ursachen des Übertrainings sind noch nicht völlig ergründet. Man muß annehmen, daß die häufige, wenn auch kurze, höchste Inanspruchnahme der Kräfte aller Organe einen so starken Reiz ausübt, daß das Körpereiweiß trotz genügender Energiezufuhr eingeschmolzen wird. Es scheint, daß das Übertraining etwas weiter hinausgeschoben wird, seit man von der übertriebenen Fleischdiät bei Höchstleistungen abgekommen ist und statt dessen alle Nahrungsstoffe der gewöhnlichen gemischten Kost im gleichen Verhältnis erhöht.

Die Allgemeinerschöpfung oder das Übertraining ist selbstverständlich nicht an Dauerübungen oder Schnelligkeitsübungen gebunden, sondern kann sich stets entwickeln, wenn die Kräfte für eine längere Zeitdauer bis zur Grenze der Leistungsfähigkeit angespannt werden. Die Behandlung des Übertrainings entspricht der Behandlung der Allgemeinerschöpfung überhaupt. Man muß sich in jedem Falle in Behandlung eines Arztes begeben.

Das starke Hervortreten der nervösen Erscheinungen verbietet von vornherein nervenschwachen Menschen ein ausgiebiges Training oder sehr große Dauerleistungen.

B. Unzulänglichkeit der Atmung.

Alle Ermüdungs- und Erschöpfungszustände haben das Gemeinsame, daß sie die Fortsetzung einer Arbeitsleistung erschweren oder, wie bei den kurzdauernden Schnelligkeitsübungen, überhaupt unmöglich machen. Dabei steigt mit der Beschleunigung der Herztätigkeit die Zahl der Atemzüge, da beide in einem gewissen Abhängigkeitsverhältnis zueinander stehen. Das ist auch bei den beschriebenen kurzdauernden Schnelligkeitsübungen der Fall, obgleich hier die Ermüdung des Herzens durchaus im Mittelpunkt der Erscheinungen steht. Im Gegensatz dazu zwingt bei etwas länger dauernden Schnelligkeitsübungen die Atmung zur Beendigung der Arbeitsleistung. Dabei möchte ich nicht eigentlich von Ermüdung der Atmung reden. Die Atmung an sich könnte in ähnlicher Ausgiebigkeit weiter fortgehen, aber der Mechanismus und Chemismus reicht für die Größe des notwendigen Gaswechsels nicht aus. Es handelt sich also um eine regelrechte Unzulänglichkeit der Einrichtung. Zum Verständnis muß man sich die Ausführung einer derartigen Schnelligkeitsübung vor Augen halten. Bei kurzdauernden Schnelligkeitsübungen kann und muß die Schnelligkeit, also die Arbeitsleistung in der Zeiteinheit, gleich so gesteigert werden, daß der Herzmuskel an die Grenze seiner Leistungs-

fähigkeit gelangt. Das darf bei länger dauernden Schnelligkeitsübungen (Lauf über mittlere und lange Strecken, Rennrudern und andere) nicht geschehen, da sich sonst an Stelle der Herzermüdung eine Herzerschöpfung herausbilden könnte. Die Unzulänglichkeit der Atmung läßt es auch nicht dazu kommen. Der Sauerstoffbedarf wird nämlich mit der längeren Arbeitsdauer größer, da zuerst noch überschüssiger Sauerstoff im Körper vorhanden ist, nachher der ganze Sauerstoffbedarf durch Neuaufnahme gedeckt werden muß. Auch kann der Körper einen gewissen Überschuß an Kohlensäure vertragen und braucht also zuerst nicht die gesamte entstandene Kohlensäure abzugeben, was bei längerer Dauer geschehen muß. Die Anforderungen an die Atmung werden daher nach einiger Zeit größer, so groß, daß die Atmung sie nicht erfüllen kann. Damit muß die Arbeit beendet werden.

Diese Unzulänglichkeit der Atmung ist eine überaus zweckmäßige Einrichtung, eine Schutzvorrichtung gegen Herzerschöpfung, die bei länger dauernden Schnelligkeitsübungen eintreten müßte. Wenn auch die Ansprüche an die Atmungsorgane keine eigentliche Ermüdung derselben hervorrufen, so stellen diese Übungen doch so gewaltige Anforderungen an die Lungen, im besonderen an ihre Elastizität, daß ihnen nur gesunde Lungen gewachsen sind. Die Lungenelastizität kann wie die Herzkraft nur durch ganz allmähliche Steigerung der Anforderungen erhöht werden.

C. Anzeichen zu großer Anstrengung.

Da die Herzkraft der Menschen verschieden ist, lassen sich selbst für das gleiche Lebensalter keine allgemein gültigen Gesetze über Herzermüdung aufstellen. Das wachsende Herz wird am besten überhaupt nicht bis zur Grenze der Leistungsfähigkeit angestrengt, wenn hochgradige Ermüdung auch das kräftige, ausgewachsene Herz nicht zu schädigen braucht. Es ist daher namentlich für den Lehrer von hohem Wert, gewisse Anzeichen zu kennen, die sich vor oder unmittelbar nach beginnender Herzermüdung einstellen. Solche Anzeichen sind 1. Atmen mit offenem Munde, 2. Blaßwerden während oder nach der Anstrengung.

1. Man wird bei großem Atembedürfnis unwillkürlich jede Erleichterung für den Lufteintritt in die Lungen ausnützen und darum bei erhöhten Anstrengungen durch den Mund atmen. Damit ist die Lunge noch nicht an die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit gelangt, steht aber unmittelbar davor. Auch das Herz wird bei dem Abhängigkeitsverhältnis von Herztätigkeit und Atmung noch leistungsfähig sein. Man braucht also eine Überanstrengung nicht zu befürchten, so lange ein Kind noch mit dem Atmen durch die Nase auskommt. Sobald das Kind aber mit offenem Munde atmet, soll die Übung abgebrochen werden, wodurch natürlich das erwähnte Atmen erwachsener Personen mit offenem Munde im Wettkampf nicht berührt wird. Das Kennzeichen hat natürlich nur dann Wert, wenn die Kinder streng daran gewöhnt sind, so lange wie möglich durch die Nase zu atmen, da man den Kindern sonst überhaupt keine wirkungsvollen Anstrengungen zumuten kann. Man muß ferner an eine Vergrößerung der Rachenmandel oder irgendeine andere Verengung der Nasengänge denken, wobei die Kinder auf die Atmung durch den Mund angewiesen sind. Dann ist aber den Eltern aus schon früher genannten Gründen zu einem ärztlichen Eingriff zu raten. Dies Kennzeichen wird offenbar im allgemeinen nur bei Schnelligkeitsübungen oder beschleunigten Dauerübungen in Frage kommen.

2. Das Blaßwerden ist ein Anzeichen von bereits erfolgter, leichterer Ermüdung des Herzens, das nicht mehr imstande ist, den Blutkreislauf namentlich oberhalb des Herzens einwandfrei in Gang zu erhalten. Es gibt allerdings nervöse Menschen, deren Gefäßregulierungszentrum ungenau arbeitet. Bei ihnen würde ein Blaßwerden keine unmittelbare Bedeutung für Ermüdung haben. Immerhin sollen sich nervöse Menschen von vornherein vor starken Anstrengungen hüten. Das Blaßwerden tritt sowohl bei Herzermüdung nach Schnelligkeitsübungen als nach zu lang ausgedehnten Dauerübungen ein und bedeutet daher in allen Fällen eine Mahnung zum Einstellen der Übung.

Damit sind die Vorzeichen einer Herzermüdung oder die Anzeichen einer bereits eingetretenen leichteren Herzermüdung erschöpft. Es gibt aber noch Zeichen bereits erfolgter leichter Überanstrengung, die zwar im vorliegenden Falle nicht mehr nützen, uns aber für die Zukunft einen gewissen Maßstab für die Leistungsfähigkeit der einzelnen Person an die Hand geben. Diese Anzeichen ergeben sich im wesentlichen aus den Erörterungen der vorigen Abschnitte und sollen daher nur kurz aufgezählt werden. Man muß sich dabei den Abschnitt über Ermüdung und Erschöpfung gegenwärtig halten.

1. Unvollständige Beruhigung des Pulses noch etwa 20 Minuten nach Beendigung einer Höchstleistung Erwachsener. Die zurückbleibende Beschleunigung beträgt nach meinen Untersuchungen bei Ruderern 8—12—20 Pulsschläge in der Minute. Bei leichten Übungen, wie etwa 10 Kniebeugen, muß der Puls nach 1—2 Minuten zur Ruhezahl zurückgekehrt sein. Die Fristen anderer Übungen liegen je nach ihrem Kraftaufwand zwischen den genannten Zeiten. Dazu muß man freilich die Ruhepulszahl der betreffenden Menschen kennen, die ja individuell verschieden ist. Es sei nur darauf hingewiesen, daß großes pädagogisches Geschick dazu gehört, Kinder durch regelmäßiges Pulszählen oder Fragen nach Schlaf, Appetit und dergleichen nicht künstlich zu Hypochondern zu erziehen. Diese Bedenken erschweren besonders die Kontrolle des Pulses einige Stunden nach der Leibesübung, wo man auf eigenes Pulszählen der Kinder angewiesen sein kann. Dazu kommt, daß die häufige Änderung des Pulses bei eigenem Zählen oft noch falsche Ergebnisse zeitigt. Man soll daher nur darauf zurückgreifen, wenn niemand anderes das Pulszählen übernehmen kann und man sicher ist, das Interesse etwa durch Hinweis auf eine Sammelforschung oder dergleichen ganz von der eigenen Person ablenken zu können.

Weitere Anzeichen leichter Überanstrengung sind

2. Neigung zu etwas vermehrter Erhöhung der Pulszahl am gleichen oder nächsten Tage nach geringen Anstrengungen. Auch hier handelt es sich um 10—20—30 Pulsschläge.

3. Unruhiger Schlaf, der nicht etwa durch einfache Muskelschmerzen bedingt ist.

4. Mangelnder Appetit.

5. Bedenklicher ist schon Unruhegefühl oder Stiche in der Herzgegend. Unruhegefühl äußert sich in Herzklopfen oder auch nur darin, daß wir das Vorhandensein unseres Herzens fühlen. Oft kommt es uns auch unangenehm zum Bewußtsein, daß wir das Herz nicht fühlen, während wir normalerweise das Gefühl vom Vorhandensein unseres Herzens überhaupt nicht vermissen.

Bleiben diese Anzeichen mehrere Tage bestehen und gesellt sich noch eine langsam beginnende Gewichtsabnahme (abgesehen von der anfänglichen Gewichtsabnahme

nach länger dauernder körperlicher Untätigkeit) dazu, so sind das schon die ersten Zeichen einer beginnenden Erschöpfung. Dann ist völlige Ruhe und gute Ernährung erstes Erfordernis, gegebenenfalls ist ein Arzt zu befragen.

Übrigens muß man bei Kindern aus sozial schlechter gestellten Kreisen stets an mangelhafte Ernährung und falsche Ausnutzung der Arbeitskraft der Kinder denken, bei Kindern aller Kreise an Verkürzung des Schlafes durch unvernünftige Vergnügungen.

8. Erhöhung der Leistungsfähigkeit durch Leibesübungen.

A. Aufgabe der Leibeszucht in den verschiedenen Lebensaltern.

a) Das Wachstum von Herz und Blutgefäßen in ihrem Verhältnis zur Körpermasse und zueinander.

Die Kräftigung von Herz und Lunge steht in jedem Lebensalter im Mittelpunkt der Übung. Um ein richtiges Urteil über die Zweckmäßigkeit der Übungen zu gewinnen, müssen wir kurz die Entwicklung von Herz und Lunge besprechen.

Da die Arbeitsleistung des Herzens wesentlich von den Widerständen, also der Weite der Blutgefäße abhängt, so muß sich die Betrachtung auch auf das Verhältnis des Herzens zu der Weite der Blutgefäße erstrecken. Man bekommt ein annähernd richtiges Bild von diesem Verhältnis, wenn man das Volumen des Herzens mit dem Umfang der Hauptschlagader (Aorta) vergleicht. Ein Urteil über die Arbeitsleistung des Herzens ergibt sich ferner aus einem Vergleich des Herzens und weiter der Blutgefäße mit der Masse des Körpers, den beide ja versorgen sollen. Die Körpermasse kann man am besten durch das Körpergewicht ausdrücken. Die folgenden beiden Tabellen ergeben 1. das durchschnittliche Verhältnis von Aortaumfang zur Körpermasse, 2. das durchschnittliche Verhältnis von Herzvolum zur Körpermasse.

Tabelle 11.

Lebensalter Jahr	Körpergewicht kg	Umfang der Aorta mm	Umfang der Aorta, berechnet auf 1 kg Körpergewicht mm
Bei Geburt	3,2	20	6,25
1	9,0	32	3,9
3	12,7	36	2,83
7	19	43	2,26
14	39	50	1,28
20	60	61	1
25—30	66	68	1

Tabelle 12.

Lebensalter Jahr	Körpergewicht kg	Herzvolum ccm	Herzvolum, berechnet auf 1 kg Körpergewicht ccm
Bei Geburt	3,2	25	7,8
1	9,0	42	4,6
3	12,7	60	4,72
7	19	90	4,74
14	39	130	3,8
20	60	250	4,16
25—30	66	285	4,3

Die Herzgewichte, die noch unmittelbarer als das Volum die Muskelmasse des Herzens ausdrücken, verhalten sich nach den entsprechenden Zahlen von Benecke nahezu ebenso wie die Herzvolumina. Nur tritt bei den Herzgewichten das Wachstum in den Jahren der Reife noch deutlicher hervor.

Bei beiden Tabellen fällt sofort die Tatsache in die Augen, daß sowohl Herz als Blutgefäße unmittelbar nach der Geburt eine so hohe verhältnismäßige Größe zur Körpermasse besitzen wie in keinem späteren Lebensalter. Die verhältnismäßige Größe der

Blutgefäße nimmt dauernd bis zur vollendeten Reife ab, um dann in festem Verhältnis zur Körpermasse zu bleiben. Die Größe des Herzens nimmt bis zum Beginn der Reife ab, dann bis zum kräftigen Mannesalter noch einmal etwas zu, um schließlich ebenfalls im festen Verhältnis zur Körpermasse zu bleiben. Ferner ist zu ersehen, daß die verhältnismäßige Größe der Blutgefäße bis auf den 6. Teil abnimmt, die verhältnismäßige Größe des Herzens nur bis zur Hälfte, um dann noch einmal 13,1 % zuzunehmen. Das Verhältnis der Herzgröße zur Weite der Blutgefäße veranschaulicht

Tabelle 13.

Lebensalter Jahr	Umfang der Aorta mm	Herzvolum ccm	Herzvolum, berechnet auf 1 mm Umfang der Aorta ccm
Bei Geburt	20	25	1,25
1	32	42	1,3
3	36	60	1,66
7	43	90	2,1
14	50	130	2,6
20	61	250	4,1
25—30	68	285	4,2

Die Abnahme der verhältnismäßigen Größe wird noch auffallender, wenn man das Verhältnis von Herz und Blutgefäßen zur Körpermasse in der Zeit vor der Geburt in Betracht zieht. Da überwiegen erstere noch viel erheblicher.

Die Abnahme im Wachstum des Herzens und der Blutgefäße läßt darauf schließen, daß der Körper allmählich immer geringere Ansprüche an den Blutkreislauf, d. h. an die Ernährung, stellt. Das ist auch erklärlich, da die Körpermasse nie im Leben im gleichen Prozentsatz zunimmt wie vor der Geburt und unmittelbar nach der Geburt. Vor der Geburt wächst der Körper von einer mikroskopisch kleinen Zelle bis 3,2 kg. Dann nimmt er im ersten Halbjahr 100 % zu und im Laufe des Lebens allmählich immer weniger, wie sich am anschaulichsten aus nachstehender Tabelle ergibt.

Tabelle 14.

Lebensalter Jahr	Körpergewicht kg	Zunahme %	Lebensalter Jahr	Körpergewicht kg	Zunahme %
Bei Geburt	3,2	—	11	29,2	8 ½
½	6,0	100	12	32,2	10 ¼
1	9,0	50	13	34	5 ½
2	11,5	28	14	39	14 ⅔
3	12,7	10 ½	15	43	10 ¼
4	14,2	11 ¾	16	49	14
5	16	12 ⅔	17	54	9 ¼
6	17,8	11 ¼	18	57,3	6 ½
7	19	6 ¾	19	58,8	2 ½
8	21,5	13	20	60,4	2 ¾
9	25,5	18 ½	25	66	in 5 Jahren 9 ½ %, also jährl. durchschnittlich noch nicht 2 %
10	26,9	5 ½			

Das verhältnismäßige Wachstum der Körpermasse wird also dauernd geringer, aber nicht gleichmäßig, sondern unterbrochen von Perioden schnelleren Wachstumes. Man unterscheidet danach:

Tabelle 15.

Erstes Kindesalter	1. Säuglingsalter	1 Jahr
	2. Erste Fülle	2—4 Jahre
	3. Erste Streckung	5—7 "
Bis 17 Jahre zweites Kindesalter	4. Zweite Fülle	8—10 "
	5. Zweite Streckung	11—15 "
	6. Reifung	16—17 und weiter bis 20 Jahre

Nach Tabelle 14 hält sich das verhältnismäßige Wachstum der Körpermasse während des ersten Kindesalters nach dem ersten jähen Sturz ziemlich auf gleicher Höhe, wobei die Körpermasse zuerst mehr in die Breite, dann in die Länge wächst. Erst am Schluß der ersten Streckung kommt eine Periode geringen Wachstumes der Körpermasse, dann aber tritt deutlich das stärkere Wachstum in der zweiten Fülle beim Wachsen in die Breite hervor. Die zweite Streckung erfolgt ohne größere Zunahme der Körpermasse. Die Kinder werden dünn, bis dann die Reife nochmals eine beträchtliche Zunahme des Wachstumes bringt.

Dem entspricht auch das Wachstum des Herzens und der Blutgefäße. Zuerst eine jähe Verringerung des Wachstumes, da ja der Körper wesentlich weniger Stoffe braucht, also weniger Anforderungen an den Blutkreislauf stellt. Die einzelnen Perioden des Körperwachstumes kann man freilich nicht so im einzelnen an der Schwankung der Wachstumskurve von Herz und Blutgefäßen verfolgen, was auch verständlich ist, da sich ja die Wachstumsperioden bei den einzelnen Menschen verschieben. Das nochmalige Ansteigen der Wachstumskurve des Herzens in der Reifezeit ist aber deutlich ausgesprochen und um so notwendiger, als die Wachstumskurve der Blutgefäße trotz des größeren Wachstumes der Körpermasse (mit seinen größeren Ansprüchen an den Blutkreislauf) weiter abnimmt, so daß das Herz durch kräftigere Arbeit ergänzend eintreten muß.

Die in den Tabellen angeführten Zahlen stammen hauptsächlich von Benecke, teilweise auch von Vierordt, Stratz und Kotelmann.

b) Verteilung der Leibesübungen auf die verschiedenen Lebensalter.

α) Die Übung von Herz, Blutgefäßen und Lungen im Alter von 1 bis 20 Jahren. Im allgemeinen kann man annehmen, daß die Weite der Blutgefäße den Anforderungen der Körpermasse an die Blutversorgung in den einzelnen Perioden entspricht. Das ursprünglich im Verhältnis zu den Blutgefäßen kleine Herz kann natürlich nur ein für die Weite der Blutgefäße kleines Schlagvolumen mit geringem Blutdruck fördern, so groß es auch im Verhältnis zur Körpermasse ist. Es schlägt darum um so häufiger, bei Neugeborenen etwa 130 mal in der Minute. Damit ist aber die Steigerung der Mehrarbeit des Herzens eng begrenzt, da die Schlagfolge nicht mehr so stark wie später gesteigert werden kann und eine Steigerung des Schlagvolums

bei der noch vorhandenen Schwäche des Herzens auch nur in geringem Maße möglich ist. Das Herz muß also bald an die Grenze seiner Leistungsfähigkeit kommen. Die Wachstumsreize für das Herz müssen sich daher im ersten Kindesalter bis zur Schule auf das zwanglose Umherspringen im Freien mit natürlichen Pausen beschränken, wie man es an jedem gesunden Kinde sieht. Es genügt schon, dies Bewegungsbedürfnis des Kindes nicht zu unterdrücken; einige Nachahmungsspiele mögen noch hinzugefügt werden.

Auch die Bewegungen in den ersten Schuljahren müssen sich hauptsächlich auf einfache Spiele und Nachahmungsübungen, möglichst im Freien, beschränken. Dabei müssen sich die Kinder ordentlich rühren, kommen aber bei der kurzen, mit häufigen Pausen unterbrochenen Dauer der Übungen mit der begrenzten Leistungsfähigkeit ihres Herzens aus.

Diese Übungen entsprechen auch am besten der Leistungsfähigkeit der Lunge. Sie ist bei der Geburt entsprechend ihrer völligen Untätigkeit vor der Geburt im Verhältnis zum Herzen und zur Körpermasse klein, wächst aber im Gegensatz zum Herzen in den ersten Lebensjahren besonders schnell. Ihr Wachstum schreitet dann bis nach den Reifejahren, entsprechend dem Wachstum der Körpermasse, gleichmäßig fort.

Je weniger die Leistungsfähigkeit des Herzens in den späteren Kindheitsjahren von den Wachstumsbedürfnissen des langsam wachsenden Körpers in Anspruch genommen wird und je stärker sich der Herzmuskel im Verhältnis zur Weite der Blutgefäße entwickelt, um so länger können die Schnelligkeitsübungen mit ihrer großen Steigerung des Blutbedarfes in der Zeiteinheit fortgesetzt werden. Man kann daher im Alter von etwa 7—8 Jahren zu eigentlichen Schnelligkeitsübungen in Form von Schnelläufen von bestimmter mäßiger, allmählich steigender Länge übergehen. Auch ermüdet der Herzmuskel nicht mehr so schnell, so daß man zu gleicher Zeit ganz allmählich, tastend mit Dauerübungen in Form von kleinen Märschen anfangen kann. Das Schwimmen soll wegen der besonderen Einflüsse des Wassers nicht zu früh begonnen werden. Jedenfalls dürfen die Kinder nicht zu lange im Wasser bleiben und müssen sich nach dem Schwimmen oder Baden schnell anziehen.

Auch während der Jahre der Reifung sind Schnelligkeitsübungen und Dauerübungen in entsprechender Steigerung das beste Mittel zur Kräftigung des Herzens, die gerade in dieser Zeit besonders wichtig ist. Das Herz wächst in den Reifejahren, wie Tabelle 12 zeigt, mit einem Male verhältnismäßig schneller als die Körpermasse. Das hat seinen Grund in dem ungleichmäßigen Wachstum der einzelnen Bestandteile des Körpers. Die Muskeln betragen nämlich beim Neugeborenen nur etwa 23 % der Körpermasse, wachsen dann aber bald etwas schneller als der übrige Körper. In den Jahren der Reifung setzt nun eine besondere Steigerung des Muskelwachstumes in seinem Verhältnis zum Wachstum des übrigen Körpers ein, so daß die Muskeln des Erwachsenen durchschnittlich 45 % der Körpermasse betragen. An diesem starken Wachstum hat das Herz schon als Muskel seinen entsprechenden Anteil. Dann aber beanspruchen die Muskeln des Erwachsenen in der Ruhe zwar nur etwa 1/4 der Blutmenge des Körpers, bei Bewegungen aber erheblich mehr, bis zur doppelten und dreifachen Menge, Ansprüche, die durch den Blutkreislauf und namentlich durch die

Muskelkraft des Herzens befriedigt werden müssen. Damit ist die Notwendigkeit des vermehrten Herzwachstumes in den Reifejahren völlig erklärt, ebenso die Notwendigkeit besonderer Herzübung zur Förderung dieses Wachstumes, wofür Laufspiele und Wanderungen in erster Reihe wertvoll sind. Ohne diese Übung leidet die Zunahme des Herzens und beendigen die Blutgefäße vorzeitig ihr Wachstum.

Hier liegt auch die Gefahr der Blutarmut, die gerade in den Jahren der beginnenden Reife aufzutreten pflegt und die Ausübung angemessener Leibesübungen beschränkt. Es ist bewiesen, daß Herz und Blutgefäße bei Blutarmen oft besonders klein bleiben. Man bekämpfe daher die Blutarmut mit allen Mitteln, denn ihre Schädigungen der Kreislauforgane in den Jahren der Reifung können nie wieder völlig ausgeglichen werden. Um so bedauerlicher ist es, daß die Lehrlinge in vielen Berufen gerade in den Jahren der Reifung nur wenig Gelegenheit zu verständigen Leibesübungen finden. Darum ist die teilweise Einführung der Leibesübungen in den Fortbildungsschulen, die Wehrkraft- und Wandervogelbewegung und besonders die großzügige Organisation der Jugendpflege, die an den Erlaß des Kultusministers vom 18. Januar 1911 anknüpft, auch von diesem Gesichtspunkt aus freudig zu begrüßen.

In den letzten Jahren der Reifung, etwa mit 16 Jahren, kann mit anstrengenderen Übungen für das Herz, wie Rudern, begonnen werden, während die Teilnahme an eigentlichen Wettkämpfen, sowohl im Rudern als im Laufen, besser nicht vor dem 20. Jahre stattfindet.

β) Die Übung der Muskulatur, der Gewandtheit und des Mutes im Alter von 1—20 Jahren. Aus den Erörterungen über das Muskelwachstum ist die Wichtigkeit einer Übung der Muskulatur, auch abgesehen von unmittelbar praktischen Anforderungen des Lebens, zu ersehen. Diese Übung beschränkt sich in den Jahren vor der Schule und auch in den ersten Schuljahren am besten auf die schon angeführten Übungen, namentlich die Nachahmungsübungen und leichteren Freiübungen, wobei der Hauptwert auf Rumpfbewegungen zu legen ist. Eine besondere Übung einzelner Muskeln der Gliedmaßen ist noch nicht angebracht, jedenfalls soll sie sich auf die Übung im Hang beschränken und Übungen im Stütz vermeiden, für die auch das Skelett noch nicht kräftig genug ist. Die Stützübungen sollen erst ganz allmählich, etwa im Alter von 9—10 Jahren, beginnen. Nach einigen Jahren setzen dann die umfänglichen, aber aus Wechsel von Zusammenziehung und Erschlaffung bestehenden Kraftübungen an den Geräten und im volkstümlichen Turnen ein, während umfängliche Dauerkraftübungen am besten ganz unterbleiben oder wenigstens erst nach beendeter Reife nur ganz vereinzelt vorgenommen werden sollen.

Geschicklichkeitsübungen, Gewandtheitsübungen, Schlagfertigkeitsübungen, wie Springen, Werfen, Spiele, müssen eine allmähliche Steigerung der Schwierigkeit zeigen. Doch sind dafür mehr pädagogische Gesichtspunkte maßgebend. Nur sollen keine Übungen gewählt werden, die den Bedingungen für Übung von Herz, Blutgefäßen, Lungen und Muskeln widersprechen.

Von den geistigen Eigenschaften, die durch die Leibesübungen gefördert werden, sei nur der Mut herausgegriffen. Mit Mutübungen, wie Springen über feste Hindernisse, soll man möglichst frühzeitig beginnen, damit die Kinder gar nicht erst auf den

Gedanken der Gefahr kommen. Die Leibesübungen müssen eine gewisse Gefahr bieten, wenn der Mut entwickelt werden und ein vollwertiges Geschlecht heranwachsen soll. Leider wächst die Scheu vor gefährlichen Übungen aus Gründen der Haftpflicht bei den Lehrern immer mehr. Eine endgültige, befriedigende Lösung wird ja aber von den maßgebenden Stellen angestrebt.

An der Hand der angeführten Gesichtspunkte kann man aus den Stoffverteilungen für den Turnunterricht eine richtige Auswahl zweckmäßiger Übungen für die verschiedenen Altersstufen treffen. Ich verweise auch auf die Tafeln von F. A. Schmidt-Bonn, die im wesentlichen mit den aufgestellten Gesichtspunkten übereinstimmen.

γ) Die Leibesübungen nach dem 20. Lebensjahre. Die Jahre zwischen 20 und 40 sind die Jahre der größten Kraft und Leistungsfähigkeit. In diesen Jahren können alle Übungen mehr nach Belieben gewählt werden. Doch bedenke man, daß die Entwicklung bei manchen Menschen erst mit 23—25 Jahren vollendet ist und daß sich in der Zeit vom 35. Lebensjahre an schon die Verhältnisse der späteren Jahre vorbereiten. Die allmähliche Abnahme der Elastizität der Blutgefäße, des Lungengewebes und der Kraft des Herzens ist dabei am bemerkenswertesten. Der Zeitpunkt des Beginnes ist je nach der Anlage oder Lebensführung sehr verschieden, auch pflegt eine verständige, maßvolle Übung den Beginn hinauszuschieben, oft bis an die Schwelle des Greisenalters. Immerhin gilt es nach dem 40. Lebensjahre Vorsicht mit allen Übungen, die besondere Anstrengungen an die Herzkraft, sowie die Elastizität der Blutgefäße und des Herzens stellen. Dahin gehören namentlich Übungen mit großem Energieaufwand in der Zeiteinheit, wie Schnelligkeitsübungen, und andere Übungen, die den Blutdruck erhöhen, wie umfängliche Kraftübungen. Dagegen tragen Dauerübungen, natürlich in verständigem Maße betrieben, in hervorragender Weise zur Erhaltung der Leistungsfähigkeit bei und sind daher ein ausgezeichnetes Übungsmittel für ältere Personen.

Für alle Altersstufen gilt aber der Grundsatz: Neben ausgiebiger, verständiger Anstrengung ausgiebige Ruhe, Schlaf und Ernährung.

B. Das Training.

Das Training soll den Körper zu bestimmten Anstrengungen fähig machen. Man kann ein Vortraining und ein Haupttraining unterscheiden.

a) **Vortraining.**

Das Vortraining soll die allgemeine Leistungsfähigkeit des Körpers, im besonderen von Herz und Lungen, erhöhen. Das Haupttraining soll auf eine bestimmte Leistung vorbereiten, dabei natürlich immer wieder in der gebührenden Weise Herz und Lunge berücksichtigen.

Das Vortraining wird daher nach den gleichen Gesichtspunkten wie die Erhöhung der Leistungsfähigkeit überhaupt zu leiten sein. Ist doch die ganze leibliche Erziehung, wie sie sein soll, in gewisser Hinsicht ein verlängertes Vortraining mit den nötigen Ruhepausen.

Das Vortraining auf Schnelligkeitsübungen wird Herz und Lunge zunächst durch Dauerübungen, am besten Dauerlauf, trainieren, das Vortraining auf Dauerübungen,

also auf Dauerwettrudern, Wintersport, Hochtouren und andere natürlich erst recht. Man hüte sich davor, im Vortraining große Leistungen vollbringen zu wollen. Der Dauerlauf sei nur von kurzer Dauer, zuerst in langsamem Tempo. Man breche ihn ab, besonders am Beginn des Vortrainings, sobald man Unbehagen verspürt, erst später suche man durch Energie den „toten Punkt" zu überwinden. Nach dem Lauf lege man sich erst einige Minuten gut eingewickelt hin, damit sich Herz und Lungen völlig beruhigen; dann dusche man den Körper mit lauwarmem Wasser ab, oder noch besser, wasche ihn mit Wasser von Stubenwärme, da die Dusche angreift. Ähnlich verfahre man beim Vortraining, z. B. auf Ruderrennen. Der Hauptwert muß auf nötige Ruhe und reichliche Ernährung gelegt werden, damit nicht schon das Vortraining zur Dauerhöchstleistung wird und wir uns bereits im Übertraining befinden, wenn das Haupttraining beginnen soll.

Man braucht daher durchaus nicht täglich zu üben, ein eingeschobener Ruhetag ist oft wichtiger als das Üben selbst. Wie weit Ruhetage einzulegen sind, wird ganz wesentlich nach der sonstigen Beschäftigung des Trainierenden zu beurteilen sein. Danach richtet sich auch die Tageszeit, zu der geübt werden soll. Zunächst muß einige Zeit nach dem Essen vergangen sein, damit die Verdauungsorgane nicht zu viel Blut beanspruchen oder die Verdauung leidet. Die beste Zeit zum Üben ist vormittags. Diese Zeit fällt aber fort, sobald jemand einen Beruf hat. Es ist durchaus zu widerraten, wie auch der bekannte Sportschriftsteller Doerry betont, etwa morgens vor Beginn der Berufsarbeit zu üben. Das geschieht auf Kosten des Schlafes und führt zum Übertraining. Doerry will bei Berufen mit englischer Tischzeit die Übung in die Zeit von 5—7 Uhr abends (nicht etwa die ganze Zeit über!) verlegt wissen, da dann auch die Mittagsmahlzeit verdaut ist. Damit kann man sich einverstanden erklären, wenn nur die Mittagsmahlzeit nicht zu umfangreich ist, die Hauptmahlzeit vielmehr auf die Zeit nach der Übung verlegt wird. Bei anderer Tageseinteilung kann erst in der Zeit von 7—8 Uhr geübt werden. Viel später darf es nicht werden, damit man hinterher noch kräftig essen und doch zeitig, nach genügender Verdauung, schlafen gehen kann. Ganz zu verwerfen ist die Gewohnheit vieler in einem Berufe stehender Sportsleute, am Sonntag recht früh morgens zu üben, um den Tag für sich frei zu haben. Es ist viel dienlicher, am Sonntag ordentlich auszuschlafen und, wenn man wochentags zu günstiger Stunde üben kann, den Sonntag lieber ganz frei zu lassen. Anderenfalls kann man natürlich den Sonntag als Übungstag nehmen und in der Woche einen Ruhetag einlegen. Auch kann man nur raten, außer dem Sonntag grundsätzlich noch einen zweiten Ruhetag anzusetzen, wenn die trainierenden Personen nicht ganz besonders kräftige Menschen sind.

Außer den eigentlichen Wettkämpfen bedarf auch jede andere größere Körperleistung eines Vortrainings. Dahin gehört die Teilnahme an einem Ruderkurs oder einem Turnkurs. Handelt es sich um kurze Kurse, so wird jeder Teilnehmer am besten eine Art Vortraining, Übung mit Ruhe, schon vorher erledigen. Länger dauernde derartige Kurse müssen in ihren Anfangswochen die Gesichtspunkte des Vortrainings berücksichtigen. Zuerst weniger Übung mit viel Ruhe. Später sollen kürzere Zeiten höchster Anspannung mit längeren Zeiten mittlerer Anstrengung wechseln, auch gelegent-

lich Ruhetage oder längere Zeiten der Ruhe eingelegt werden. Die Hauptsache bleibt auch hier, ein Übertraining zu vermeiden. Freilich müssen die Teilnehmer eingehend belehrt werden, daß sie die vorhandene Ruhezeit nicht zu anderer anstrengender Arbeit oder zu schwächenden Vergnügungen aller Art oder zu vermehrtem Alkohol- und Nikotingenuß benutzen. Diese Genüsse müssen vielmehr eingeschränkt, bei wirklichem Training ganz unterlassen werden. Die allgemeine Kenntnis von ihrer Schädlichkeit ist ja bei uns noch neu, aber glücklicherweise bricht sich die Überzeugung davon immer mehr Bahn. Wer es mit der Förderung seiner Kräfte und damit mit der Hebung der Volkskraft ernst meint, wird sich danach richten. Auch in diesem Sinne ist der Betrieb der Leibesübungen eine Schule der Selbstzucht.

Es ist weiter durchaus zu verwerfen, nach körperlicher Untätigkeit in der Woche nun am Sonnabend und Sonntag alles durch Gewaltanstrengungen nachholen zu wollen, z. B. durch Gewaltradfahren, Gewaltmärsche, Gewaltgebirgstouren oder übertriebenen Wintersport. Das gibt schwere Schädigungen des Herzens. De la Camp in Freiburg hat am eindringlichsten auf diese falsche Art körperlicher Betätigung aufmerksam gemacht. Wer Herz und Körper nicht genug üben kann, muß sich auch am Sonnabend und Sonntag mit geringen Leistungen bescheiden. Wer regelmäßig in der Woche übt, wird übertriebene Gewaltleistungen von selbst vermeiden.

b) Das Haupttraining.

Das Vortraining wird allmählich in das Haupttraining übergeleitet. Auch im Haupttraining soll man nicht gleich mit dem vorgesetzten Ziel beginnen, sondern die Leistungen allmählich steigern. Wer auf ein Ruderrennen über 1000 m trainiert, wird mit kleinen Strecken im Renntempo anfangen, ebenso bei Wettläufen. Auch später übt man nicht täglich die Zielleistung. Man soll am Tage des Wettkampfes die höchste Leistungsfähigkeit erreichen, nicht zu früh, da man sich nicht lange auf diesem Gipfel der Leistungsfähigkeit erhalten kann. Bei Dauerhöchstleistungen, Märschen, Hochtouren oder dergleichen, wird man nach dem Vortraining bald zu größeren Leistungen übergehen.

Die geringste Abspannung oder der Beginn von Gewichtsabnahme soll zum Einlegen von Ruhetagen mahnen. Am Tage vor dem Wettkampf wird am besten gar nicht mehr geübt. Eine Reise zum Orte des Wettkampfes wird tunlichst schon am zweiten Tage vor dem Wettkampf ausgeführt. Unmittelbar vor dem Wettkampf sind leichtere Bewegungen anzuraten, um den Körper zu erwärmen, da ja eine geringe Wärmesteigerung die Muskeln leistungsfähiger macht. Beteiligt sich eine Rudermannschaft oder ein Einzelkämpfer an mehreren Wettkämpfen, die eine Woche oder zwei Wochen auseinander liegen, so sollen eine Reihe von Ruhetagen eingelegt werden. Die Wettkämpfer werden dann beim nächsten Wettkampfe sicherer auf der Höhe ihrer Leistungsfähigkeit sein, als wenn sie dauernd weitergeübt, den Höhepunkt überschritten haben und sich im beginnenden Übertraining mit seinen Gefahren für die Gesundheit befinden.

Starke Anstrengung und Schmerzen in einzelnen Muskeln werden am besten durch Ruhe behoben. Vorbeugend werden Massage und örtliche Bäder verwendet. Die übri-

gen Gesichtspunkte des Trainings sind technischer Art und gehören nicht in das vorliegende Buch.

Die Hebung der allgemeinen Leistungsfähigkeit im Vortraining ist natürlich für die allgemeine Volkskraft am wichtigsten. Es ist ein dauernder Gewinn, die mittlere Leistungsfähigkeit auf eine möglichst hohe Stufe zu heben. Das ganze Leben sollte daher ein den Kräften und der Zeit des einzelnen entsprechendes, dauerndes Vortraining sein. Dabei soll natürlich der Wert des besonderen Trainings mit seinen Anforderungen an Zähigkeit und Willenskraft nicht unterschätzt werden. Zweifellos hat das Turnen in sachgemäßer Durchführung des Vortrainings und Trainings vom Sport gelernt, auf der anderen Seite der Sport vom Turnen darin, daß auch in der Trainingspause im Winter Leibesübungen betrieben werden müssen.

9. Bemerkungen zu einzelnen Arten von Leibesübungen.

Der folgende Abschnitt soll nur einzelne wichtige Punkte einiger Arten von Leibesübungen herausheben, ohne eine zusammenhängende Physiologie dieser Leibesübungen liefern zu wollen. Zum Verständnis der nachfolgenden Bemerkungen gehört daher ein allgemeines Verständnis für die Physiologie der Leibesübungen, wie sie in den vorigen Abschnitten besprochen wurde.

A. Das Rudern.

Das Rudern ist eine anstrengende Dauerübung. Man soll daher in der Regel nicht vor vollendetem 16. Lebensjahr damit beginnen. Das Rudern gehört also nur in die Prima, höchstens Obersekunda der höheren Lehranstalten. Beim Rennrudern wird die Dauerarbeit so beschleunigt, daß das Herz eine überaus große Arbeit in der Zeiteinheit zu leisten hat. Die Zahl der Pulsschläge steigt denn auch auf 200 und mehr in der Minute. Dem entspricht der gewaltige Energieverbrauch. Die Kohlensäureausscheidung beträgt nach Kolb „Beiträge zur Physiologie maximaler Muskelarbeit“ das 20fache der Ruhe. Daher dürfen nur Personen mit genügend geübten Herzen (nach etwa zwei Ruderjahren oder anderer gleichwertiger Übung) zugelassen werden. Das Rennrudern scheidet also schon deshalb für Schüler aus. Ich möchte das noch entschiedener aussprechen als in meinem Aufsatz in der Monatsschrift für das Turnwesen Jahrgang 29 Heft 9 „Merkworte zum Schülerrudern“. Meine damaligen Warnungen vor Gewaltleistungen bei Ruderwanderfahrten müssen eindringlich sowohl für Schüler als andere Ruderer wiederholt werden; sie sind nach den Ausführungen über Allgemeinerschöpfung von selbst verständlich, um so mehr, als auch hier die Pulszahl auf 150 und mehr steigt. Wenn auch meines Wissens noch keine genauen Messungen über den Energieverbrauch bei Ruderwanderfahrten vorliegen, muß der Verbrauch doch nach Schlüssen von anderen Dauerleistungen sehr groß sein. Man muß daher auch für Dauerfahrten in Rücksicht auf das Herz eingefahren sein und sollte bei eintägiger Fahrt mit Schülern nicht mehr als 40—60 km rudern. Die Kilometerzahl muß bei mehrtägigen oder wochenlangen Fahrten wegen des Energieverbrauches auf 50—40—25 km herabgesetzt werden, wobei man mit kurzen Tagesleistungen beginnt, allmählich steigert und nach 2—3 Rudertagen Ruhetage oder Tage mit den niedrigsten Kilometerzahlen einlegt. Die Vorzüge der Ruderbewegung für den

Rückfluß des Blutes (Braunsche Figur, Weiterdrücken und Weitersaugen des Venenblutes durch die Muskeln) sind Seite 195 besprochen. Die Vorzüge für die Ausbildung der Rumpfmuskulatur (Rücken- und Bauchmuskeln), die allseitige Betätigung fast aller Körpermuskeln, sowie die ausgezeichnete Wirkung der dauernden Bauchmassage verstehen sich von selbst. Nach jeder Ruderübung sollte noch ein kurzer Dauerlauf in langsamem Tempo oder einige leichte Freiübungen eingelegt werden, um den Muskeln eine andersartige Betätigung zu ermöglichen und das Herz allmählich zu beruhigen.

Die Atemführung beim Rudern ist noch nicht genügend geregelt. Es ist durchaus unphysiologisch, beim Vorschwingen und Vorbeugen, wo Bauchhöhle und Brustkorb eingeengt werden, einzuatmen. Die Einatmung muß beim Aufrichten und Rückschwingen erfolgen, die Ausatmung beim Vorschwingen und Vorbeugen. Ich habe schon in „Körper und Geist" 19. Jahrgang Heft 6 Seite 102 darauf hingewiesen und auch selbst und durch andere erfahrene Ruderer erprobt, daß diese Atemführung praktisch ist. Das richtige Atmen sollte auch beim Training für Rennruderer solange als möglich festgehalten werden. Im Verlauf des Rennens wird freilich jeder einatmen, wie er es gerade nötig hat. Das schadet dann auch nichts, da das Rennen selbst ja nur eine seltene Höchstanforderung für das Herz ist.

B. Das Radfahren.

Das Radrennen ist zweifellos ein gesundheitsschädlicher Sport. Der beim Rennfahren vorgebeugte Sitz auf dem Rade engt dauernd die Bauchhöhle ein und gestattet im Zusammenhang mit dem starren Vorwärtshalten der Arme auch dem Brustkorb nur geringfügige Bewegungen, so daß die Atmung ganz ungenügend wird. Bei dieser schlechten Sauerstoffversorgung soll das Herz Höchstarbeit leisten, die ihm noch erheblich erschwert wird. Nur die Muskeln der unteren Gliedmaßen arbeiten. Die übrigen Körpermuskeln entbehren die durch den Wechsel von Zusammenziehung und Erschlaffung geschaffene, bessere Blutdurchgängigkeit und vermehren so die Widerstände für das Herz. Der Rückfluß des Blutes aus den unteren Gliedmaßen und den Bauchorganen ist bei der Einengung der Bauchhöhle und der starken Beugung in der Leistenbeuge durch Druck auf die Oberschenkelvene und untere Hohlvene erschwert, wodurch weiter die Erleichterung des Rückflusses infolge der Muskelarbeit der Beine zum Teil wieder aufgehoben wird. Auch der Rückfluß des Blutes aus den Armen ist durch die starre Haltung behindert. Daher steigt der Blutdruck beim Radfahren sehr hoch an. Schließlich ziehen die Muskeln der unteren Gliedmaßen durch ihre starke Arbeit unverhältnismäßig viel Blut heran, so daß andere Körperteile, besonders das schwer arbeitende Herz, schlechter ernährt werden.

Die erwähnten Nachteile können auch bei Wanderfahrten in Erscheinung treten. Die halbautomatische Bewegung der Beine läßt das örtliche Müdigkeitsgefühl nicht aufkommen, die Lust an der schnellen Bewegung täuscht über das Gefühl der Allgemeinermüdung hinweg, das schnelle Streifen durch die Luft, dazu das Vorlegen der Schnelligkeit bei gemeinsamen Ausflügen, verführt zu schnellerem Tempo, so daß auch hier die Arbeitsleistung des Herzens in der Zeiteinheit leicht sehr groß wird und dabei doch lange Zeit hintereinander fortgesetzt werden muß. Wenn dann womöglich

noch in falschem Kraftgefühl ein ansteigender Weg schnell genommen werden soll, muß das ermüdete Herz versagen, und Herzerweiterung kann die Folge sein. Das Herz ist beim Radfahren um so mehr gefährdet, als die Atmung verhältnismäßig wenig beansprucht wird und die Unzulänglichkeit der Atmung daher nicht als Schutzvorrichtung für das Herz in Betracht kommt. Auch für den Radfahrer, der die ganze Woche über zu Hause sitzen muß, gilt die Mahnung, sich am Sonnabend oder Sonntag nicht zu viel zuzumuten.

Diese Gefahren der Radwanderfahrten lassen sich zweifellos vermeiden; man muß sich ihrer nur stets bewußt sein, mäßige Strecken vorher ausarbeiten und die Energie besitzen, im richtigen Augenblick rücksichtslos abzubrechen, wenn es auch noch so schön ist. Ein verständiger, aufrechter Sitz sollte bei Wanderfahrten selbstverständlich sein, da hier jeder technische Grund für die vorgebeugte Haltung fortfällt. Dazu gehört in erster Linie eine richtige Höhe von Lenkstange und Sattel, so daß die Hände beim aufrechten Sitz bequem die Lenkstange fassen können.

Dann hat das Radfahren zweifellos gesundheitlichen Wert, namentlich für den Städter, den es schnell und billig in schöne Gegenden bringt, wo er dann auch einmal zu Fuß weiter wandern sollte. Der Radfahrer muß durch Übungen des Rumpfes und der oberen Gliedmaßen für gleichmäßige Ausbildung seines Körpers sorgen. So kann der vernünftige Radwandersport besonders für Menschen, die zu Bequemlichkeit und Fettansatz neigen, empfohlen werden.

Die Fahrgeschwindigkeit betrage bis 15 km in der Stunde, wobei beim Fehlen von Gegenwind der Luftwiderstand noch mäßig ist. Selbstverständlich muß sich die Fahrgeschwindigkeit nach den Windverhältnissen ändern. Gegenwind hat noch einen weiteren Nachteil. Er erschwert die Ausatmung und zwingt somit zu Vornüberneigen des Kopfes, dem leicht ein Beugen des ganzen Körpers mit seiner Einengung der Brust- und Bauchhöhle folgt. Der Energieverbrauch beträgt nach Berechnungen von L. Zuntz bei einer Fahrgeschwindigkeit von 15 km und ruhigem Wetter immer noch etwa 315 Kal. in der Stunde. Das ist ungefähr der 8. Teil des durchschnittlichen täglichen Kalorienverbrauches und etwa 30 — 35 Kal. stündlicher Mehrverbrauch als beim fröhlichen Wanderschritt. Der Radfahrer wird sich dessen aber aus den oben erörterten Gründen nicht bewußt. Rein ökonomisch betrachtet, steht das Radfahren natürlich wesentlich günstiger als das Wandern. Der Wanderer braucht zu einem Marsch von 30 km, Ruhepausen nicht mitgerechnet, 6 Stunden und 1698 Kal., der Radfahrer 2 Stunden und 630 Kal.

Das Radfahren sollte vor dem 18. Lebensjahr besser nicht begonnen werden, schon darum, weil junge Menschen unvorsichtiger als ältere sind. Die Mahnungen zur Vorsicht beim Radfahren werden durch die Erfahrungen bei der Aushebung gestützt. Ein großer Prozentsatz der wegen Herzbeschwerden militäruntauglichen jungen Leute hat sich sein Leiden durch unvernünftig betriebenes Radfahren zugezogen.

C. Das Schwimmen.

a) **Das Schwimmen als Körperbewegung.**

Das Schwimmen zeichnet sich durch Betätigung der gesamten Körpermuskulatur aus. Die Arbeit für die einzelnen Muskeln wird durch den Auftrieb des Wassers, der

den größten Teil der entgegenwirkenden Schwerkraft aufhebt, erleichtert. Andererseits wird die Arbeit gegen andere Ortsbewegungen durch den großen Widerstand des Wassers, der natürlich besonders bei Schnellschwimmen auf der Brust in Erscheinung tritt, erhöht. Schon aus diesem Grunde ist der Energieverbrauch beim Schwimmen ein recht hoher. Er wird weiter erhöht durch das fortgesetzte, wenn auch im einzelnen geringe Heben des Körpers aus dem Wasser, ferner durch erhebliche Arbeitsleistung der Einatmungsmuskeln, die bei jeder Erweiterung des Brustkorbes infolge der Lage auf der Brust einen Teilbetrag des Körpergewichtes heben, außerdem den Widerstand des die Vorwölbung der Brust hemmenden Wassers, der bei schnellerem Schwimmen oder bei Schwimmen gegen den Strom besonders groß wird, überwinden müssen. Man sollte annehmen, daß namentlich der starke Wärmeverlust im Wasser den Energieverbrauch weiter erhöhe. Der Wärmeverlust im Wasser ist nämlich sehr viel größer als in der Luft, da das Wasser ein 30mal besserer Wärmeleiter als Luft ist (dabei gehört das Wasser keineswegs zu den besten Wärmeleitern, Kupfer leitet etwa 100mal besser als Wasser). Das Wasser nimmt außerdem sehr viel mehr Wärme bei seiner eigenen Erwärmung auf. Wie R. du Bois-Reymond angibt, entzieht uns ein Bad von 12° C. bei 4 Minuten Dauer rund 100 Kal., eine Wärmemenge, die sonst etwa in einer Stunde abgegeben wird. Auch ein Bad von 24° C. entzieht noch in 1/4 Stunde 100 Kal., selbst bei einem Bad von 30° C. verlieren wir in 1/4 Stunde noch 50 Kal. Dieser große Wärmeverlust erhöht aber den augenblicklichen Energieverbrauch nicht erheblich, da er nicht sofort, sondern erst allmählich wieder gedeckt wird. Dies ergibt sich unzweifelhaft aus den Untersuchungen von N. Zuntz, wonach der ruhende Mensch im Wasser von 17,3° C. in einer Minute nur soviel Kohlensäure ausatmet, wie etwa der Bildung von 2,05 Kal. Wärme entspricht. Das ist nur wenig mehr als der gleiche Wert des ruhenden Menschen in der Luft. Dasselbe folgt aus der Tatsache, daß nach den Zuntzschen Untersuchungen der Energieverbrauch beim Schwimmen im Wasser von 14,5°—21,5° C. etwa der gleiche bleibt. Er beträgt bei mittlerer Geschwindigkeit des Schwimmens rund 9,5 Kal. in der Minute.

Wenn demnach der Energieverbrauch des Schwimmers durch die Wasserwirkung auch nicht wesentlich erhöht wird, ist er doch recht groß. Der Verbrauch von 9,25 Kal. in der Minute bedeutet eine Steigerung um mehr als das 5fache des Ruhewertes, der durch Bergsteigen nur eine etwa 3 1/2 fache Steigerung auf etwa 6,25 Kal. in der Minute erfährt.

Die Pulszahl steigt trotz dieser großen Anforderungen an das Herz nicht übermäßig hoch an. Kolb fand bei einem Wettschwimmen, das natürlich noch wesentlich höhere Ansprüche stellt, nur die Zahl von 135 Pulsschlägen in der Minute. Das liegt zum Teil an der Atemführung, die sich dem auch bei Schnellschwimmen noch verhältnismäßig langsamen Tempo der Schwimmbewegungen anpaßt (Einatmung während des Ausbreitens und Herunterdrückens, Ausatmung während des Vorstoßens der Arme). Die Atemzüge müssen demnach beim Schwimmen besonders tief sein und eine stark ansaugende Wirkung auf das Venenblut ausüben, wodurch das Schlagvolum des Herzens vergrößert wird. Im gleichen Sinne wirkt die Schwimmbewegung selbst, die ja vollständig der Braunschen Figur (s. S. 195) entspricht. Dazu treibt der erhöhte Druck in den Körpervenen das Blut ebenfalls energischer dem Herzen zu. Der Innendruck

der Venen wird nämlich durch den Wasserdruck vermehrt, der durchschnittlich etwa 50 cm Wasser gleich 37 mm Quecksilber beträgt. Die Bewältigung der großen Herzarbeit in verhältnismäßig langsamer Schlagfolge und mit großem Schlagvolum muß naturgemäß den Blutdruck beim Schwimmen stark erhöhen. Eine Herabsetzung des Blutdruckes durch die infolge ihrer Tätigkeit leicht blutdurchgängige, gesamte Körpermuskulatur kann nicht in Erscheinung treten, da die durch die Kältereize undurchgängigen Hautblutgefäße wieder blutdruckerhöhend wirken. Der Blutdruck ist daher beim Schwimmen auch tatsächlich sehr hoch. Das Schwimmen ist demnach ein kräftiger und darum gesunder Reiz für das gesunde Herz. Auch die große Herzarbeit beim Schnellschwimmen birgt nach verständigem Training für ein gesundes Herz keine besonderen Gefahren, da die Übung bei dem ebenfalls starken Sauerstoffbedürfnis durch die Unzulänglichkeit der Atmungsorgane vorher beendet würde.

Bedenklicher ist häufiges langes Dauerschwimmen. Die langdauernde Entziehung von großen Wärmemengen schwächt den Körper und auch den durch die Dauerarbeit ermüdeten Herzmuskel weiter, so daß er die Bewältigung eines dauernden großen Schlagvolums nicht leisten kann und die Gefahr der Herzerweiterung eintritt. Selbstverständlich muß der Schwimmlehrer aus anderen Gründen die Fähigkeit zu langem Brustdauerschwimmen besitzen. Damit ist aber nicht gesagt, daß das Dauerbrustschwimmen häufig ausgeführt werden soll. Dagegen sprechen die angeführten Gründe und die ärztliche Erfahrung bei Untersuchungen ganz eindringlich.

Über die übrigen Schwimmarten liegen meines Wissens keine genauen ärztlichen Untersuchungen vor. Es ergibt sich aber von selbst, daß das Rückenschwimmen viel weniger Kraft als das Brustschwimmen erfordert. Die höhere Lage des ganzen Körpers und das Zurückführen der Arme außerhalb des Wassers vermindert entsprechend der geringeren Dichtigkeit der Luft die Widerstände. Dazu ist die Einatmung erleichtert, da Brust und Bauch von der Last des Körpers und dem Druck des der Bewegung widerstrebenden Wassers befreit sind.

Das spanische Hand über Handschwimmen eignet sich besonders für kurzes Wettschwimmen. Jedoch verbraucht das dauernde Hin- und Herrollen des Körpers viel Kraft, so daß es nicht auf lange Strecken durchgeführt werden kann, wenn auch die Atmung gegenüber dem Brustschwimmen erleichtert ist.

Beim Seitenschwimmen ist der Körper näher der Wasseroberfläche als beim Brustschwimmen, auch bietet er dem entgegenstehenden Wasser eine kleinere Fläche, als es die Brust ist. Daher sind die Widerstände geringer und ein schnelleres Vorwärtskommen möglich.

Das Tauchen ist unter allen Umständen eine sehr große Belastung für das Herz, da der Rückfluß des Blutes durch die große Druckerhöhung in der Brusthöhle erschwert wird. Diese Erschwerung kommt beim Schwimmen unter Wasser zu den übrigen an sich schon großen Anstrengungen des Brustschwimmens noch hinzu. Tauchen und Schwimmen unter Wasser müssen als Beweis der Leistungsfähigkeit des Herzens und aus anderen Gründen vom Schwimmlehrer gefordert werden, sollten aber nicht häufiger geübt werden, als zur Gewöhnung an gewisse technische Kunstgriffe nötig ist. Die Herzkraft wird besser durch andere Übungen erhöht.

Der ganz besondere Wert des Schwimmens in Verbindung mit Wassersprüngen für Ausbildung von Geschicklichkeit und Mut soll nur erwähnt werden. Ältere Menschen müssen darin allerdings vorsichtig sein; die vielleicht schon etwas starren Arterien können die plötzliche Verkleinerung des Gesamtraumes der Blutkanäle (infolge Ausschaltung der Hautblutgefäße) nicht schnell genug durch Erweiterung anderer Blutgefäße ausgleichen und die dadurch erzeugte plötzliche Erhöhung des Blutdruckes nicht aushalten. Mittelohrentzündung oder Trommelfellentzündung verbieten Wassersprünge. Auch sonst muß man sich bei diesen Erkrankungen vor dem Eindringen des Wassers in die Ohren schützen.

b) Die Einwirkung des Wassers und der Seife.

Die Kältewirkung des Wassers bildet einen ausgezeichneten Reiz und eine ausgezeichnete Übung für die Muskeln und Blutgefäße der Haut mit ihren Nerven. Das kalte Baden ist nach E. du Bois-Reymond „Turnen der glatten Hautmuskeln". Ihre Anpassungsfähigkeit schafft die Abhärtung gegen Erkältung. Damit soll aber nicht gesagt sein, daß besonders kaltes Wasser zu empfehlen sei, es kann im Gegenteil namentlich nervöse oder auch blutarme Leute erheblich schädigen. Auch beruht dieser Übungswert nicht auf langem Aufenthalt im Wasser mit seiner großen Wärmeentziehung, sondern auf plötzlicher Reizwirkung des Wassers, nach dessen Aufhören als Reaktion stärkere Erweiterung der Blutgefäße erfolgt. Diese Übung der Wärmeregulierung versagt gerade bei zu langem Aufenthalt in kaltem Wasser, da die Nervenendigungen durch die lange Kältewirkung gelähmt werden. Trotz der regulierenden Tätigkeit der Hautblutgefäße entzieht das Wasser dem Körper sehr große Wärmemengen (s. S. 311). Es ist ein weiterer Vorteil der Wasserwirkung, daß der Wärmeverlust, wie wir sahen, nicht gleich wieder gedeckt wird. Dadurch wird die den Stoffwechsel anregende Wirkung des Wassers auf längere Zeit ausgedehnt, ohne den Stoffwechsel im Augenblick zu sehr zu belasten.

Der zu reichliche Gebrauch der Seife muß noch kurz besprochen werden. Die Seife entfernt nicht nur die abgestorbenen oberen Epithelien und Schmutz, sondern auch die schützende Fett- und Wachsdecke des Körpers und schädigt die noch lebenskräftigen, tiefer liegenden Epithelien. Damit wird der Körper seiner Schutzdecke beraubt und muß zu viele Kräfte für die Neubildung der abgestoßenen Substanzen verwenden. Die Seife ist bei regelmäßigem Baden auf Hände, Gesicht und Füße zu beschränken, während für den übrigen Körper ein Frottieren der Haut zur Entfernung des Schmutzes vollkommen ausreicht. Bei seltenerem Baden und besonderer Beschmutzung wird natürlich die Anwendung der Seife nötig und auch nichts schaden. Namentlich Hueppe hat vor der schädlichen Wirkung zu häufiger Anwendung der Seife gewarnt und auf Einfetten und Massieren des Körpers nach Leibesübungen aufmerksam gemacht. Dazu eignet sich am besten das der Zersetzung kaum unterworfene Lanolin.

D. Lauf, Sprung, Wurf.

Die Physiologie des Laufes ist in den Bemerkungen über Dauerübungen und Schnelligkeitsübungen und in dem Abschnitt über das Training genügend besprochen. Wir können daher hier von einer näheren Besprechung absehen, so wichtig auch ge-

rade der Lauf in seinen verschiedenen Arten für die Ausbildung des Körpers ist. Es sei nur noch einmal darauf hingewiesen, daß auch der Lauf den Rückfluß des Blutes begünstigt, wenn auch nicht so ausgiebig wie Schwimmen und Rudern, die am meisten der Braunschen Figur ähneln.

Es sind vielfach falsche Ansichten über die Atemtechnik beim Lauf über kurze Strecken verbreitet. So soll der Läufer beim Beginn tief einatmen und mit dem einen Atemzug 50 m oder gar den ganzen 100 m-Lauf aushalten. Das ist physiologisch zu verwerfen, da der Druck in der Brusthöhle dadurch ähnlich wie bei der Pressung erhöht, der Rückfluß des Blutes gehindert und damit das Herz unnütz belastet wird. Der Läufer soll entsprechend seinem Atembedürfnis atmen (natürlich ist es gut, wenn er an Tiefatmen gewöhnt ist und daher auch jetzt so tief als möglich atmet). Das ist nicht nur physiologische Forderung, wird vielmehr auch in Praxis von den erfolgreichsten Läufern so gehandhabt.

Wurf und Sprung sind kurzdauernde Kraftübungen, deren physiologische Einwirkung ausreichend erörtert worden ist.

Dritter Abschnitt.

Die Kleidung.

1. Die Bekleidung des Körpers.

A. Der Schutzwert der Kleidung.

Die Kleidung soll die Haut im Schutze des Körpers unterstützen. Dieser Schutz wird sich im wesentlichen auf Abwehr von Kälte, Wärme und Nässe beschränken. Dabei muß die Kleidung naturgemäß in erster Linie den Bedürfnissen der Haut selbst angepaßt sein. Die sogenannte Hautatmung, d. h. Aufnahme von Sauerstoff und Abgabe von Kohlensäure, kommt nur wenig in Frage. Um so wichtiger ist die Wasserabgabe durch die Haut, die mindestens 600 g in 24 Stunden beträgt, bei höherer Außentemperatur und durch Bewegungen und Leibesübungen aber bis auf mehrere Liter anwächst, um die Wärmeabgabe des Körpers zu steigern. Die Kleidung muß den Schweiß aufnehmen und allmählich verdunsten lassen. Dazu eignet sich besonders ein lockeres Gewebe, wie es baumwollener Trikot aufweist, der gleichzeitig die häufig nötige Entfernung der mit dem Schweiß eingedrungenen Hautschüppchen, Fettsäuren und Harnstoff durch die Wäsche ohne Schädigung seiner Elastizität vertragen kann.

Der Körper bildet bei mangelnder Bewegung weniger Wärme. Darum soll die Kleidung bei kalter Außentemperatur die Haut möglichst ausgiebig in ihrer wärmesparenden Tätigkeit unterstützen, was aber den Nachteil hat, daß sich die Haut ihrer Tätigkeit entwöhnt. Körperliche Untätigkeit beraubt uns daher leicht mehr oder weniger unseres natürlichen Schutzes vor Erkältungen. Rege Körperbewegungen schaffen nun das Bedürfnis nach Abkühlung und nach leichter Kleidung. Man empfindet selbst im kalten Winter bei Dauerläufen eine leichte Turnkleidung wie im Sommer am angenehmsten. So wird eine ausgezeichnete Übung der Hautmuskeln und Hautblutgefäße erreicht. Winterliche Dauerläufe oder Leibesübungen im Sommer in leichter Turn- oder Sportkleidung genügen vollständig zur Erhaltung einer ausgiebigen Betätigung

der Haut. Im übrigen erspart eine warme Bekleidung im Winter viel Wärme und damit Kraft, die zur Erfüllung anderer Aufgaben der Kultur durchaus notwendig ist.

Bei warmer Temperatur schützt die Kleidung die Haut vor zu starker Einwirkung der Sonnenstrahlen, nur fragt es sich, ob die Empfindlichkeit der Haut gegen Sonnenstrahlen nicht erst eine Folge der Kleidergewöhnung ist. Auf jeden Fall ist der Schutz des Körpers vor zu starker Erwärmung infolge der Sonnenbestrahlung durchaus zweckmäßig, im besonderen der Schutz des Gehirnes und verlängerten Rückenmarkes. Das gleiche gilt von dem Schutz vor Quälereien der Insekten. Diese Zwecke werden am besten durch Kleider nach dem Muster leichter Strandanzüge erreicht. Kommen starke Sonnenbestrahlung oder Insekten nicht in Frage, so ist die Schwimmhose für viele Arten der Leibesübungen, namentlich Dauer- und Schnelligkeitsübungen, zweifellos sehr zweckmäßig.

B. Das Luftbad.

Die Wirkung der Luftbäder, von der Sonne dabei abgesehen, ist ähnlich wie die der kalten Wasserbäder, nur wesentlich milder, da die Luft ein schlechterer Wärmeleiter als das Wasser ist. Daher erscheint uns nach Landois

Luft von 18° C. mäßig warm,
Wasser bis 18° C. kalt,
Luft von 25—28° C. heiß,
Wasser von 28° C. noch immer frisch.

Das Luftbad entzieht uns somit viel weniger Wärme, also weniger Kraft, als das Wasserbad und ist infolgedessen für schwache oder nervöse Menschen geeigneter als jenes.

Da die Kältewirkung des Luftbades geringer ist, kommt es auch nicht so bald zu einer Lähmung der Nervenendigungen der Haut, so daß bei Erwärmung des Körpers durch Bewegungen immer wieder eine stärkere Durchblutung der Haut als Reaktion eintritt. Auf diese Weise wechseln Zusammenziehung und Erschlaffung der Hautmuskeln und Hautkapillaren miteinander ab, und beide werden noch besser als im Wasserbade zum „Turnen" gezwungen.

Je feuchter die Luft ist, um so mehr nähert sich die Wirkung des Luftbades der des Wasserbades. Bewegte Luft übt dabei einen stärkeren Kältereiz aus als stille Luft, da die erwärmte Luft immer wieder fortgetrieben wird und neue kalte Luft, die mehr Wärme aufnehmen kann, den Körper berührt. Natürlich kann die Luft so kalt werden, daß nur kurz dauernde Luftbäder möglich sind.

Dabei spielt nun der Sonnenschein eine große Rolle. Die Sonne bringt dem nackten Körper nach Rubner durch Strahlung etwa viermal so viel Wärme, als er bei Zimmertemperatur abgeben kann. Daher kann man die Haut bei Sonnenschein auch in ziemlich kalter Luft dem Kältereize des Luftbades aussetzen, ohne zu viel Wärme zu verlieren. Ferner bringt die unmittelbare Sonnenbestrahlung Reize für die Blutbildung, die nicht zu unterschätzen sind. Die Haut färbt sich nämlich zum Schutze gegen die entzündungserregenden Strahlenarten des Sonnenlichtes durch Zerfall von roten Blutkörperchen braun, wodurch die blutbereitenden Organe eine mächtige Anregung zur Bildung neuer Blutkörperchen erhalten. Doch darf man sich diesen Strahlen

nicht zu lange aussetzen, da sie die Nervenendigungen reizen und damit nervöse Reizbarkeit schaffen, schwächliche Menschen auch durch zu starken Zerfall von roten Blutkörperchen schädigen können. Dazu wird der Körper durch die Sonnenstrahlung bei warmer Luft sehr stark erhitzt, was wieder schwächend auf das Nervensystem wirken muß. Es ist daher durchaus zu widerraten, sich lange nackend den senkrecht auffallenden Strahlen der Mittagssonne auszusetzen. Fallen die Strahlen der Sonne am Morgen oder Abend schräg auf, so ist ihre Wirkung natürlich bedeutend abgeschwächt. Da verbietet aber wieder die starke Abkühlung der Luft eine zu lange Ausdehnung des Luftbades. Die Übertreibungen der Luft- und Sonnenfanatiker sind wissenschaftlich nicht haltbar.

Als Übungen im Luftbad eignen sich besonders stark wärmebildende Leibesübungen, die durch Anregung der Reaktion die wechselnde Zusammenziehung und Erschlaffung, „das Turnen" der Hautmuskeln befördern. Für eine allgemeine Einführung von Turnen und Sport im Badekostüm liegt kein Grund vor, sie verbietet sich auch aus gewichtigen Gründen der Sitte. Immerhin nähern sich unsere Turn- und Sportkleidungen durch Einführung dünner, poröser Stoffe den Vorzügen der Nacktkultur. Vielleicht finden sich auch für die Turn- und Sportbekleidung der Frauen noch weitere Verbesserungen, die gleichzeitig den Anforderungen der Sitte und Ästhetik genügen.

C. Fehlerhafte Kleidung.

Die Kleidung, namentlich die Kleidung der Frau, ist völlig zweckwidrig dazu verwandt worden, den Körper umzuformen. Die größte Unsitte dieser Art bei uns ist das Korsett zur Erzielung einer schlanken Taille, die durch Einschnüren der unteren Teile des Brustkorbes und des Leibes erreicht wird. Es ist so unendlich viel gegen Korsett und enge Kleidung geschrieben worden, daß ich mich auf Aufzählung einiger Gesichtspunkte beschränken kann. (Abb. 180.)

Die Länge der unteren Rippenknorpel ermöglicht die bei tiefer Einatmung so notwendige größere Beweglichkeit der unteren Teile des Brustkorbes. Diese wird aber durch jede Art von Korsett oder durch zu enges Leibchen oder engen Rockbund unmöglich gemacht. Doch nicht nur das. Die unteren Teile des Brustkorbes werden durch Verbiegung der weichen Knorpel infolge des Druckes weit unter die Ausatmungsstellung eingeengt. Dadurch verlieren die Rippenknorpel allmählich ihre Elastizität, so daß sie auch in freiem Zustande zur Erweiterung des Brustkorbes untauglich werden. Die Einschnürung verhindert weiter die Vorwölbung des Bauches und damit die Zwerchfellatmung so gut wie vollständig. Die Atmung wird damit oberflächlich und kann höhere Ansprüche nicht mehr befriedigen. Daher sind Ohnmachten infolge des Sauerstoffmangels des Gehirns bei Tanz und anderen Gelegenheiten nur natürlich. Im übrigen aber unterbleiben alle gesunden Körperbewegungen, sehr zum Schaden der ganzen Entwicklung. Im besonderen bleibt das Herz schwach, die Blutgefäße bleiben in ihrem Wachstum auf einer Vorstufe stehen, der Blutkreislauf wird gestört, die Blutzusammensetzung leidet, und alle Organe verkümmern in ihrer Lebenstätigkeit. Der Kreislauf wird ferner durch Ausbleiben des günstigen Einflusses vertiefter Atmung auf den Rückfluß des Blutes geschädigt, auch die weitere Erleichterung des Kreislaufes durch Muskelzusammenziehungen fehlt. Sehr enge Kleidung erzeugt durch den Druck

der eingepreßten Rippen Schnürfurchen auf den Organen des Bauches, im besonderen der Leber, wodurch weitere Stauungen im Gebiet der Pfortader, also in allen Verdauungsorganen, hervorgerufen werden. Die bei dem Fehlen einer ausgiebigen Bauchatmung so schon trägen Bewegungen der Verdauungsorgane werden als weitere Folge noch träger; es entsteht Verstopfung mit ihrer nachteiligen Wirkung auf den ganzen Stoffwechsel und ihrer weiteren Vermehrung des Druckes in der Bauchhöhle.

Die enge Kleidung schädigt weiter die Muskulatur. Die Bauchmuskeln entwöhnen sich ihrer Aufgabe, den Bauchinhalt selbsttätig zurückzuhalten, und werden schwach, was seinerseits wieder die Verstopfung vermehrt. Eine schwache Bauchpresse wird bei Geburten besonders bedenklich, zumal der Mangel an regelrechter Bewegung schon in der Kindheit die Entwicklung des Beckens geschädigt hat. Dann verzögern sich die Geburten endlos, zum Schaden von Mutter und Kind.

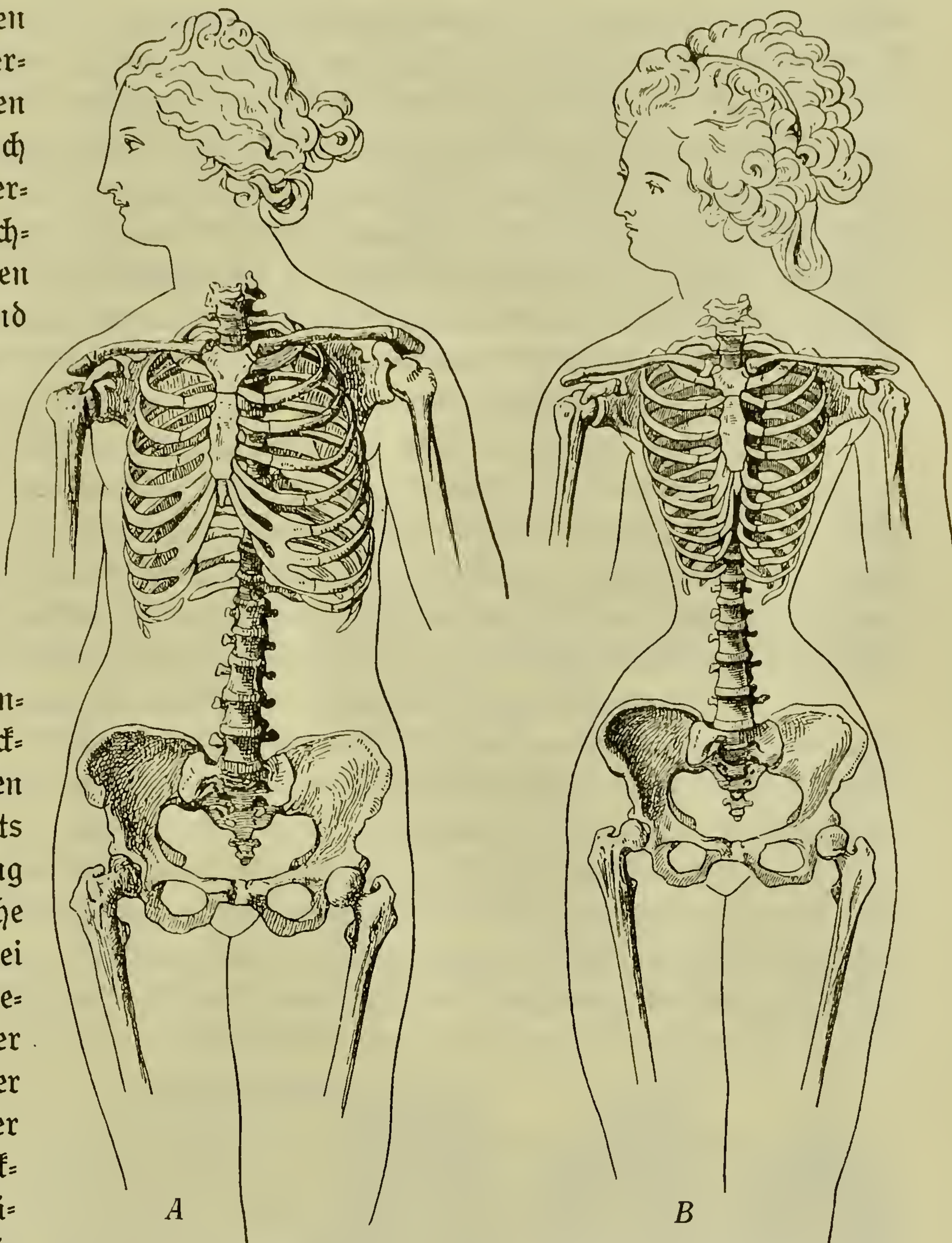


Abb. 180. *A* normaler Brustkasten, *B* Brustkasten einer mit einem Korsett bekleideten Person. (Nach Sömmering — nach Ranke.)

Das enge Leibchen oder gar das Korsett stützt die Wirbelsäule und entwöhnt die Rückenmuskeln ihrer Arbeit, wodurch diese schwach und die Bänder der Wirbelsäule schlaff werden. Da ist es kein Wunder, wenn Frauen, die an ein Korsett gewöhnt sind, Rückenschmerzen bekommen und sich schlecht halten, sobald sie es ablegen. Das beweist aber nicht die Notwendigkeit dieses Kleidungsstückes, sondern gerade seine Schädlichkeit. Nur kann man nicht plötzlich den schwachen Muskeln ungewohnte Arbeit zumuten. Sind die Muskeln von Jugend auf durch vernünftige Bewegung regelrecht entwickelt, so stört jede beengende Kleidung.

Die enge Kleidung schädigt durch Druck natürlich auch die Haut in ihrer Lebenstätigkeit. Die Folgen davon ergeben sich bei der Wichtigkeit der Haut von selbst.

Umstehende Abbildung veranschaulicht die Veränderungen des Skelettes durch das Korsett zur Erzielung einer schlanken Taille. In neuerer Zeit legt die Mode weniger Wert auf die überaus schlanke Taille, als auf die gerade, vordere Körperlinie, wobei der Leib in unnatürlicher Weise zurückgedrängt wird. Zu dem Zweck reichen die Korsetts bis zum Ansatz des Oberschenkels oder noch weiter nach unten. Sie drängen dabei die Eingeweide des Bauches nicht nur zurück, sondern direkt nach unten und dehnen damit die Aufhängebänder der Eingeweide und die Bauchwandung, was natürlich noch schädlicher ist als die einfache Schwächung der Bauchmuskeln durch Untätigkeit bei stützender, enger Kleidung. Senkung der Baucheingeweide und Herunterdrücken der Unterleibsorgane der Frau sind die notwendige Folge. Unfruchtbarkeit, schwere Entbindungen oder Schädigung der künftigen Generation sind unausbleiblich.

Als Grundsatz gilt also: 1. Kein starrer Panzer, der die Rückenmuskeln oder Bauchmuskeln entlastet oder den Bauchinhalt gar nach unten drängt. 2. Weite Kleidung, die noch in ausgiebigster Einatmungsstellung bequem sitzt und jede Bewegung gestattet. 3. Fortfall jedes engen Kleiderbundes. Es gibt bereits Kleiderformen, die diesen Ansprüchen genügen. Bei stark entwickelten Brüsten sind Büstenhalter angebracht, die von unten her die Brüste stützen und ihrerseits auf den Schultern Halt finden.

Bei der Männerkleidung ist besonders der hohe Kragen nachteilig. Die Schädlichkeit des engen Kragens durch Kreislaufsstörung im Gehirn leuchtet von selbst ein. Aber auch der hohe, weite Kragen ist nicht empfehlenswert, da er die freie Beweglichkeit der Halswirbelsäule hindert.

Eine weitere Schädlichkeit liegt im Tragen einschnürender Strumpfbänder, mögen sie nun um den Unterschenkel, die Kniegegend oder den Oberschenkel, wo sie doch bis zum Knie herunterrutschen, gelegt werden. Sie beschränken zweifellos den Rückfluß des Blutes, beeinflussen damit den gesamten Kreislauf ungünstig und fördern durch örtliche Stauungen die Entstehung von Krampfadern.

2. Fußbekleidung.

Die Sorge für gute Fußbekleidung und Fußpflege gehören zusammen.

Wir haben an der Fußsohle besonders viele Schweißdrüsen, die bei manchen Menschen übermäßig viel Schweiß absondern. Dieser zersetzt sich leicht und kann dann die festen Epithelschichten erweichen und abschilfern, so daß die ganze Haut weich wird und wunde Stellen bekommt. Am schädlichsten wirkt dabei die Zersetzung der Fettsäuren und des Harnstoffes im Schweiß. Es ist daher schon viel gewonnen, wenn der alte Schweiß häufig entfernt wird. Das geschieht durch Waschungen mit kühlem Wasser, das gleichzeitig härtend auf die Hautepithelien einwirkt, während warmes Wasser die Haut weiter erweicht. Einreiben der Füße mit Franzbranntwein oder Spiritus trocknet die Haut aus, und nachfolgendes Einfetten beugt dem Entstehen von Sprödigkeit vor. Zum Einfetten eignen sich am besten festere, talgartige Fette, die als dicke Schicht aufgetragen werden und damit die Haut rein mechanisch schützen. Sogenannte „harte Haut" oder „Hühneraugen" müssen durch Sachverständige entfernt werden und werden bei gutem Schuhzeug überhaupt nicht erst entstehen.

Zur Fußpflege gehört weiter das rechtzeitige Wechseln der Strümpfe, was bei Schweißfuß natürlich häufiger geschehen muß. Auch sollen nasse oder nur feuchte Strümpfe, seien sie durch Wasser oder durch Schweiß feucht geworden, namentlich beim Übergang zur Ruhe sofort gewechselt werden; die Füße selbst muß man trocken frottieren. Sonst entstehen „kalte Füße" mit Erkältungen oder unruhigem Schlaf im Gefolge. Das ist erklärlich, da das Wasser zum Verdunsten Wärme braucht. Pettenkofer hat eine bestimmte Eismenge berechnet, die man mit nassen Füßen zum Schmelzen bringen kann. Die Strümpfe bestehen am besten aus Wolle, die den Schweiß gut auffaugt und, solange der Strumpf nicht schon zu sehr vollgesogen ist, für die Haut des Fußes unschädlich macht. Die schädliche, sofortige Zersetzung des Schweißes kann, wenn nötig, durch Salizylstreupulver verhindert werden. Man muß die Fußpflege bei Märschen natürlich besonders sorgfältig betreiben.

Der Strumpf soll, wie gesagt, aus Wolle bestehen, darf aber nicht zu dick sein, um nicht durch Erhitzung die Schweißbildung zu vermehren. Trockene Strümpfe vermindern den Wärmeverlust des Fußes um 34—50 %, je nach ihrer Dicke, Stiefel und Strümpfe um 90 %. Der langjährige Lehrer der Militärgesundheitspflege an der Kriegsakademie in Berlin, Starcke, fordert, daß auch die Strümpfe für den rechten und linken Fuß gesondert, nicht mit der Spitze in der Mitte, gearbeitet werden. Diese Forderung geht wohl etwas zu weit, wenn es vielleicht auch denkbar ist, daß der geringe, aber dauernde Zug zu enger Strümpfe die noch weichen Zehen und weichen Mittelfüße der Kinder zusammenpreßt und ihre Breitenentfaltung hindert.

Unbedingt aber muß der Schuh, namentlich der Schuh der Kinder, für jeden Fuß besonders gearbeitet werden. (Abb. 181.) Der Fuß verbreitert und verlängert sich beim Auftreten. Daher muß die Sohle nach dem fest aufgestellten Fuß zugeschnitten werden, damit sich der Fuß beim Gehen frei entfalten kann. Auch soll am nackten Fuß Maß genommen werden, da der Strumpf Besonderheiten des Fußes verbirgt. Die Länge der Sohle reiche nicht nur bis zur Spitze der Großzehensohle, sondern um die Spitze herum bis zum Großzehennagel, da dieser Teil der Zehe beim Abrollen des Fußes auch noch den Boden berührt. Die Breite der Sohle muß das Auseinanderweichen der Zehen bei ihrem sprungfederartigen Aufstemmen in vollem Maße zulassen. Die Sohlenform muß also nach vorn zu immer breiter werden, da die Mittelfußknochen und ihre Fortsetzung, die Zehen, strahlenförmig auseinander verlaufen. Die Fußachse ist nicht etwa eine Mittellinie, die durch die Mitte der zweiten Zehe geht, sondern die sogenannte Meyersche Linie, d. h. eine Linie, die die Mitte des Mittelfußköpfchens der großen Zehe mit der Mitte der Ferse verbindet. Die Sohle darf daher nicht symmetrisch gebaut sein, muß vielmehr ein Dreieck bilden, dessen Hypotenuse



Abb. 181. Einfluß des Stiefels auf die Fußbildung. *a* breite Spitze = normaler Fuß, *b* Spitze entsprechend der großen Zehe = normaler Fuß, *c* Spitze nahe der Mittellinie des Fußes = verkrüppelter Fuß. (Nach David.)

parallel der Meyerschen Linie verläuft und dessen Spitze den lateralsten Punkt der kleinen Zehe bildet. Demnach muß die Sohle für den rechten und linken Schuh besonders zugeschnitten werden. Spitze Schuhe knicken die große Zehe in ihrem Grundgelenk lateralwärts ab, so daß der Großzehenballen scharf medialwärts vorsteht und der Sitz von allerlei Schädigungen wird. Auch werden die Zehen so zusammengedrückt, daß sie sich teilweise übereinander lagern. Das Oberleder darf nicht knapp im spitzen Winkel zur Sohle angebracht sein, sondern muß sich namentlich am medialen Rande und an der Vorderkante des Schuhes steil erheben, um das Vorrücken aller Zehen beim Auftreten ohne Druck auf die Zehen zuzulassen. Die Höhe des Spannes muß nach dem frei gehaltenen Fuß bemessen werden, damit der unbelastete Fuß durch seine Elastizität seine Ruheform wieder annehmen kann. Der Druck enger Schuhe kann die Lebensenergie der Gewebe des Fußes schädigen und so die Entstehung des Plattfußes begünstigen, da die geschwächten Bänder und Muskeln das Fußgewölbe nicht mehr tragen können.

Besonders wichtig ist die Befestigung der Schuhe. Die Füße dürfen nicht nach vorn gleiten, weil auch dadurch die Zehen bei jedem Schritt zusammengepreßt werden und Hühneraugen, sowie bei kaltem Wetter Frostbeulen entstehen. Halbschuhe gewähren nur geringen Halt. Zugstiefel hemmen, solange der Gummi straff ist, den Blutkreislauf und lassen später den Fuß nach vorn gleiten. Den besten Halt gewähren Schnürstiefel.

Der Absatz darf nicht zu hoch sein, sonst gleitet der Fuß trotz seines festen Haltes im Schnürstiefel nach vorn. Die Höhe der Absätze betrage etwa 3 cm. Bei Doppelsohlen muß der Absatz um die Dicke der zweiten Sohle höher sein. Ist das hintere Ende des Fersenbeines durch hohe Hacken zu hoch gehoben, so wird das Sprungbein durch die Last des Körpers nach vorn und unten gedrängt und belastet das Schiffbein und die Keilbeine und damit das Fußgewölbe zu stark. Die Fußspitze wird durch den hohen Absatz in gesenkte Stellung zum Unterschenkel gezwungen, eine Stellung, die der Fuß erst beim Abstoßen vom Boden einnehmen soll. Das durch hohe Absätze bedingte Aufsetzen des Fußes auf der Fußspitze verursacht kleine, trippelnde Schritte und strengt die Beinmuskulatur unnütz an. Das Becken muß dabei eine steilere Stellung einnehmen, was namentlich für die Frau schädlich werden kann. Der Absatz muß ferner mit breiter Fläche aufsetzen, damit der Fuß nicht im Fußgelenk umknickt und der Gang unsicher wird. Er darf auch nicht zu niedrig sein. Die Fußsohle berührt sonst den Boden mit einer zu breiten Fläche und muß bei nassem oder kaltem Wetter zu viel Wärme durch Leitung abgeben. Auch können die Weichteile an der Fußsohle infolge der Erschlaffung der Fußsohlenbänder nach langen Märschen gedrückt werden, so daß starke Schmerzen entstehen.

Vierter Abschnitt.

Abriß der Muskelmechanik.

1. Allgemeine Muskelmechanik.

A. Die Hebelwirkung der Muskeln.

Die Knochen unseres Körpers sind zum größten Teil einarmige Hebel. Nur die Schädelbasis, die sich nach vorn und hinten um die Verbindungsachse ihrer Gelenkflächen, das Becken, das sich in beiden Richtungen um die Verbindungsachse beider Oberschenkelköpfe bewegen läßt, der Unterarm und der Fuß können auch als zwei-

armige Hebel wirken. Eine Kraft wirkt nun, sowohl beim einarmigen als auch beim zweiarmigen Hebel, wie bekannt, um so stärker, in je weiterer Entfernung vom Drehpunkt sie angreift, und zwar wächst ihre Wirkung in gleichem Verhältnis mit der Entfernung. Eine Kraft, die in 20 cm Entfernung nach unten zieht, braucht also nur dem Gewicht von 1 kg zu entsprechen, um einer Kraft von 2 kg, die in 10 cm Entfernung vom Drehpunkt nach oben zieht, das Gleichgewicht zu halten. Die in größerer Nähe des Schwerpunktes angreifende Kraft muß also entsprechend größere Energie entwickeln. Danach scheint die Anordnung unserer Muskeln sehr unökonomisch zu sein. Zum Beispiel zieht der Unterarmbeuger (s. Abb. 182) an einem kleinen Hebelarm nach oben, während eine Last, die wir zur Hebung in die Hand nehmen, an einem 6—7 mal längeren Hebel nach unten zieht. Ähnlich verhält es sich bei den übrigen Körpermuskeln. Diese Anordnung, das Ansetzen der Muskeln an einem ihrer Knochen dicht neben dem Drehpunkte, ist aber nicht zu vermeiden. Wenn der Unterarmbeuger z. B. in der Nähe des Handgelenkes ansetzte, müßte er bei jeder Beugung in der geradlinigen Verbindung zwischen Oberarmkopf und Handgelenk verlaufen. Die Unmöglichkeit leuchtet von selbst ein, wenn man vollends bedenkt, daß die übrigen Muskeln ähnlich hervorspringen müßten. Der Nachteil der wirklichen Anordnung wird aber ausgeglichen, da wir an Hubhöhe ersparen, was wir an Muskelkraft zusetzen. Wenn sich der Muskel nur um einige Zentimeter zusammenzieht, wird die Last um eine vielfache Strecke gehoben. Die Hubhöhe der Muskelzusammenziehung kann also immer gering bleiben, womit eine ökonomische Ausnützung der Muskelarbeit gegeben ist, da ja die Kraft des Muskels mit zunehmender Verkürzung immer geringer wird.

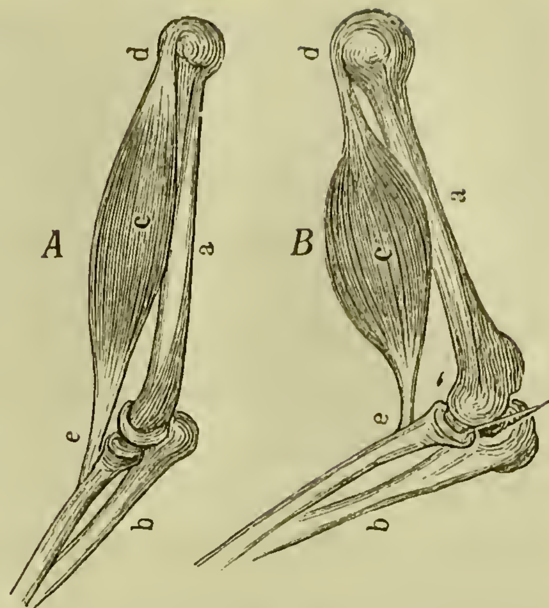


Abb. 182. Schematische Darstellung der Wirkungsweise des Muskels. (Nach Ranke.)
a Oberarmbein, *b* Elle, *c* der zweiköpfige Armmuskel (schematisiert), in *A* in der Ruhe, in *B* kontrahiert, *d* sein Ursprung, *e* sein Ansatz an der Speiche.

Eine Kraft muß dann die größte Wirkung entfalten, wenn sie senkrecht zur Längsachse des Hebels angreift. Die Angriffsrichtung der Muskelkraft des Unterarmbeugers ändert sich, um bei unserem Beispiel zu bleiben, offenbar dauernd mit der fortschreitenden Annäherung des Unterarmes an den Oberarm. Am ungünstigsten liegen die Verhältnisse bei gestrecktem Unterarm, wo der Unterarmbeuger scheinbar in der Längsrichtung des Unterarmes selbst angreift. Man würde also bei rein mathematischer Berechnung zu dem Ergebnis kommen, daß der Unterarmbeuger den gestreckten Unterarm so gut wie gar nicht beugen, sondern nur fester an den Oberarm heranpressen könnte. Das ändert sich aber bei anatomischer Betrachtung. Die Sehne des Unterarmbeugers verläuft nämlich über den Gelenkfortsatz des Oberarmbeines wie über eine Rolle zu ihrer Ansatzstelle (s. Abb. 183). Die Zugrichtung des Unterarmbeugers fällt daher mit der

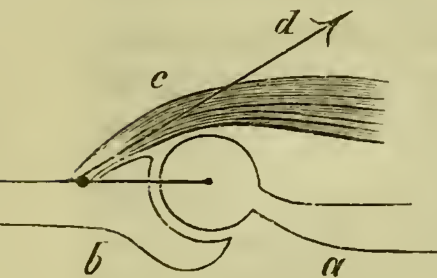


Abb. 183. Ansatzwinkel des 2köpfigen Unterarmbeugers. *a* Oberarmbein, *b* Unterarmknochen, *c* Ansatz des Muskels, *d* wahre Zugrichtung des Muskels. (Nach Ranke.)

Richtung des Sehnenstückes zwischen Ansatzstelle und Gelenkfortsatz des Oberarmbeines zusammen, wie auf der Abbildung durch die Pfeilrichtung angedeutet wird. Ähnlich liegen die anatomischen Verhältnisse überall, woraus sich die Schwierigkeit, ja vielleicht Unmöglichkeit einer genauen Berechnung der Muskelmechanik ergibt. Die Zugrichtung des zweiköpfigen Unterarmbeugers bleibt trotz der Einschaltung der Rolle immer noch schief, wodurch ein weiterer Teil der Kraft für die Beugewirkung verloren geht. Dieser Teil der Kraft muß aber zur besseren Befestigung des Gelenkes dienen, da er den Unterarm gegen den Oberarm anpreßt. Jeder Muskel mit seinem Antagonisten bildet so die geeignetste Ergänzung für die Gelenkkapseln und Bänder, da diese bei Straffheit die Beweglichkeit beeinträchtigen, bei Schlaffheit nur einen mangelhaften Halt gewähren würden, während sich die Muskeln der jedesmaligen Gelenkstellung anpassen. Die Wichtigkeit dieser Muskelwirkung ist für die einzelnen Gelenke verschieden und z. B. für das Schultergelenk besonders groß, was jedoch nicht im einzelnen besprochen werden kann. Die bisherigen Andeutungen müssen als Anleitung zum richtigen Durchdenken der verschiedenen Zugrichtungen der Muskelzusammenziehung genügen.

B. Wirkungen der Muskeln auf Gelenke, über die sie nicht hinwegziehen.

Bisher wurde nur die Wirkung des Muskelzuges auf den einen Knochen, in unserem Beispiel den Unterarm, besprochen. Tatsächlich aber wirkt der Muskelzug der Unterarmbeuger auf Unter- und Oberarm gleichmäßig, verschieden nur nach der verschiedenen Länge des Hebelarmes und der damit verschiedenen Zugrichtung. Der Anteil des Unterarmes und des Oberarmes an der gegenseitigen Annäherung durch die Zusammenziehung des zweiköpfigen Unterarmbeugers ließe sich demnach verhältnismäßig leicht berechnen, wenn der Oberarm nicht im Schultergelenk befestigt wäre. (Der Einfachheit halber kann man annehmen, daß der zweiköpfige Unterarmbeuger am oberen Ende des Oberarmbeines entspringt, da er durch die Art seines Ursprunges nur einen sehr geringen unmittelbaren Einfluß auf das Schultergelenk in der in Frage kommenden Richtung ausüben kann.) Der nicht befestigte Oberarmkopf müßte bei jeder Beugung des Unterarmes im Kreisbogen etwas nach vorn unten rücken. Das wird durch die Festlegung des Oberarmkopfes als Drehpunkt des Oberarmhebels unmöglich. Der Oberarm kann nur noch durch eine kreisförmige Aufwärts-rückwärtsbewegung des Ellenbogenendes des Oberarmes dem Unterarm entgegenkommen, eine Bewegung, die im Schultergelenk erfolgt. Ein Muskel kann also mittelbar auch ein Gelenk bewegen, über das er (in unserer Annahme) gar nicht hinwegzieht. Die mittelbare Bewegung ist je nach den Kräften, die sonst auf den Körper einwirken, verschieden. Im einfachsten Falle, bei herabhängendem Arm, wird die beschriebene mittelbare Bewegung des Oberarmes im Schultergelenk durch die Arbeit von Schultermuskeln verhindert. Ebenso kann aber das freie Ende des Unterarmes vermittels der Hand, z. B. im Hang am Reck, festgelegt werden. Dann erfolgt die Beugung im Ellenbogengelenk, die Klimmzüge, ausschließlich durch Annäherung des Oberarmes an den Unterarm. Gleichzeitig verändert der Oberarm seine Haltung zum Körper. Er gelangt aus der aufwärtsgestreckten Haltung in die abwärtsgestreckte Haltung, und zwar müßte er, die

nötige Kraft der Unterarmbeuger vorausgesetzt, die neue Haltung zum Körper auch einnehmen, wenn keine Muskeln vorhanden wären, die ihn unmittelbar im Schultergelenk bewegen können. Dabei ändert aber nicht eigentlich der Oberarm seine Haltung zum Körper, vielmehr nur seine Haltung im Raum, während der Körper durch seine Schwerkraft seine Haltung gegen den Oberarm im Schultergelenk ändert. Die eigentliche Kraft für die gleichzeitige Bewegung im Schultergelenk ist also die Schwerkraft des Körpers. Die Unterarmbeuger beeinflussen nur mittelbar das Schultergelenk, über das sie (der innere Armmuskel und Armspeichenmuskel auch tatsächlich) gar nicht hinwegziehen. Ebenso liegen die Verhältnisse bei anderen Muskeln. Der Unterschenkelstrecker wird mittelbar beim Strecken nach der Kniebeuge die Fußgelenke bewegen müssen, wenn nur der Fuß festen Halt am Boden hat. R. du Bois-Reymond führt als weiteres Beispiel an, daß auch die Schultermuskeln bei Klimmzügen durch die Veränderung, die sie der Stellung des Oberarmes zum Körper im Schultergelenk geben, ihrerseits mittelbar die Beugung im Ellenbogengelenk bewirken, daß ferner der Unterschenkelstrecker beim Strecken aus der Kniebeuge auch zur Streckung des Oberschenkels im Hüftgelenk beiträgt und umgekehrt die Strecker des Oberschenkels im Hüftgelenk (natürlich mit Ausnahme der Unterschenkelbeuger) zur Streckung des Knies. Bei der tatsächlichen Ausführung von Bewegungen wirken nun alle Muskeln nach Möglichkeit mit. Daher wird die Arbeit auf viele Muskeln verteilt, die Kraftleistung des einzelnen Muskels verringert und so die Ermüdung möglichst weit hinausgeschoben. Um die Mannigfaltigkeit der bei einer Bewegung beteiligten Muskeln noch mehr zu veranschaulichen, sei an die Portionen einzelner Muskeln mit verschiedenster Faserrichtung erinnert, die alle bei verschiedenen Bewegungen als gegenseitige Synergisten oder Antagonisten wirken können.

C. Wirkung von Muskeln, die über mehrere Gelenke hinwegziehen.

Da viele Muskeln über zwei oder mehrere Gelenke hinwegziehen, wird die Zahl der bei einer Bewegung beteiligten Muskeln noch größer. So helfen, wie wir sahen (s. S. 107), die Unterschenkelbeuger bei der Streckung des Oberschenkels mit. Dabei muß eine zu starke Beugung im Kniegelenk durch andere Muskeln verhindert werden. Die Unterschenkelbeuger werden zu ihrer Hilfstätigkeit im besonderen herangezogen werden, wenn eine größere Kraft der Streckung entgegenarbeitet. Die Streckung (d. h. Senken) des Oberschenkels nach Vorwärtsheben eines Beines erfordert in aufrechter Körperstellung nicht viel Muskelkraft, die Schwerkraft besorgt die Arbeit fast allein. Das ist aber z. B. bei der Standwage ganz anders. Da muß der Oberschenkel des gehobenen Beines entgegen seiner eigenen, doch recht erheblichen Schwerkraft im Hüftgelenk gestreckt werden. Die Arbeit für den großen Gesäßmuskel wäre dabei sehr bedeutend, die Unterschenkelbeuger müssen kraftvoll helfen. Das können sie aber nur, wenn der Unterschenkelstrecker den Unterschenkel als Gegengewicht gegen ihre Beugewirkung streckt, da die verhältnismäßig geringe Schwerkraft des Unterschenkels dazu nicht ausreicht. Daher findet man bei der Standwage die Muskeln an der Vorderseite und Hinterseite des Oberschenkels gespannt. Ich will nur dies Beispiel anführen. Es ist sicher

sehr lehrreich, im Unterricht oder auch für sich noch andere Übungen auf die erwähnte Art zu durchdenken. Dabei prägt sich die vorher im einzelnen behandelte Muskellehre besser ein. Man tut gut, die Übung selbst auszuführen oder ausführen zu lassen, wobei die Härte der Muskeln die Aufmerksamkeit auf ihre Beteiligung bei der Übung lenkt. Nur darf man nicht glauben, damit wirklich die Mechanik der Bewegung zu analysieren. Die Erörterungen in diesem Abschnitt und im Abschnitt über Koordination können nur einen schwachen Begriff von der Mannigfaltigkeit der Bewegungen geben, gewähren aber doch für den Turner und Sportsmann genügenden Einblick.

Das Hinwegziehen der Muskeln über mehrere Gelenke zeitigt noch weitere Wirkungen. Bleiben wir bei den Beugern des Unterschenkels, die gleichzeitig Hilfsstrecker des Oberschenkels sind. Sie liegen also am Kniegelenk auf der Beugeseite, am Hüftgelenk auf der Streckseite. Dadurch können sie ein unmittelbares Bewegungshindernis werden, wenn nämlich ihre Antagonisten beide Gelenke in die ihrer Wirkung entgegengesetzte Stellung bringen, also das Kniegelenk strecken und das Hüftgelenk beugen, wie es beim Vorwärtsheben der gestreckten Beine geschieht. Vorwärtsheben der beiden Beine im Hang bis zum Anristen wird daher nicht allein in den Hüftgelenken ausgeführt, sondern erst durch Aufwärtsdrehen des vorderen Beckenrandes in der Lendenwirbelsäule ermöglicht. Diese Beckendrehung wird bei Vorwärtsheben eines Beines durch das Bertinische Band des anderen Beines verhindert, oder das Standbein muß im Kniegelenk gebeugt werden, um so durch Annäherung des Oberschenkels an das Becken das Bertinische Band zu entspannen. Viele Menschen können diese Bewegungen wegen zu geringer Dehnbarkeit der Unterschenkelbeuger nur unvollkommen ausführen. Die gleiche Ursache begrenzt sehr bald ein Vorwärtsbeugen des Rumpfes mit gestreckten Beinen, da die Unterschenkelbeuger infolge der Dehnung heftig schmerzen. Die Dehnbarkeit kann bekanntlich durch Übung vergrößert werden. Dann zeigt sich aber bei gleichsinniger Bewegung in den betreffenden Gelenken oft das Gegenteil, daß nämlich die Hauptwirkung der Muskeln kraftlos erfolgt. Wenn wir den Oberschenkel so weit wie möglich nach hinten nehmen, also im Hüftgelenk strecken, können wir den Unterschenkel nur noch durch eine schnellende, zum Schluß völlig kraftlose Zusammenziehung seiner Beuger nach hinten anfersen, aber nicht mehr kraftvoll in dieser Lage erhalten. Das gleiche gilt für die Beugung der Finger bei gebeugter Hand.

Als weitere Beispiele für die Unterstützung der Hauptwirkung einzelner Muskeln durch andere, die über mehrere Gelenke hinwegziehen, sei noch die Wirkung der Fingerbeuger und Fingerstrecker als Hilfsbeuger oder Hilfsstrecker für das Handgelenk genannt. Nach diesen Beispielen wird man die ähnliche, schon in der speziellen Muskellehre angeführte Wirkung anderer Muskeln richtig beurteilen können.

D. Wirkung der Schwerkraft.

Die bewegende, hemmende und haltende Tätigkeit der Muskeln.

Man übersieht leicht, daß die Muskeln nicht die einzigen Beweger unseres Körpers sind. Die schon kurz erwähnte Schwerkraft ist die wichtigste weitere Bewegungskraft. Es ist natürlich von ausschlaggebender Bedeutung, ob die Schwerkraft des ganzen Körpers oder eines größeren, schweren oder nur eines kleineren, leichten Körperteiles bei

einer Bewegung mitwirkt, ferner ob eine Bewegung gegen oder mit der Schwerkraft erfolgt. So ist bei Klimmzügen eine Beugung im Ellenbogengelenk aus Streckhang, der die Schwerkraft fast des ganzen Körpers entgegenwirkt, etwas ganz anderes als die einfache Beugung des unbelasteten Unterarmes, die nur die Schwerkraft des Unterarmes zu überwinden hat. Die Streckung des angehockten Beines erfordert keine Muskelkraft, da das Bein durch seine eigene Schwerkraft, ohne jede Arbeit der Strecker, nach unten gezogen wird, sobald der Beuger des Oberschenkels erschlafft. Die Strecker brauchen die Schwerkraft nur bei besonderem Nachdruck der Bewegung zu unterstützen, etwa bei Aufstampfen mit dem Fuß. Auch der aufgehobene Arm wird allein durch die Schwerkraft heruntergezogen, sobald die hebenden Muskeln erschlaffen. Die herunterziehenden Muskeln arbeiten nur bei besonderem Nachdruck der Bewegung, bei einem sausenden Hieb.

Die Wirkung der Schwerkraft geht aber noch weiter. Sie kann so stark sein, daß die der Bewegung entgegenwirkenden Muskeln ganz erheblich arbeiten müssen, um eine zu elementare Bewegung zu verhindern. Beim Übergang von Beugehang in Streckhang arbeiten dieselben Beuger des Unterarmes, die uns in den Beugehang hoben. Das ist noch ausgeprägter bei Übergang von Streckstütz in Beugestütz oder bei Kniebeuge. Beide Übungen sind eine erhebliche Arbeit für den dreiköpfigen Unterarmstrecker bzw. vierköpfigen Unterschenkelstrecker, dieselben Muskeln, die uns umgekehrt von Beugestütz in Streckstütz und von Kniebeuge in aufrechte Stellung bringen.

Die gleichen, zuletzt genannten Muskeln treten natürlich in Tätigkeit, wenn wir eine der eben genannten Bewegungen nicht zu Ende führen, sondern in halber Kniebeuge oder in halbem Beugehang oder halbem Beugestütz beharren.

F. A. Schmidt-Bonn hat die verschiedenen Arten dieser Muskeltätigkeiten besonders klar beschrieben. Man kann sie in einiger Abänderung seiner Namengebung als bewegende, hemmende und haltende Tätigkeit der Muskeln bezeichnen. Die bewegende Tätigkeit ist die Muskelarbeit gegen die Schwerkraft und zur Beschleunigung oder Verstärkung der Schwerkraftwirkung. Die hemmende Tätigkeit entspricht der Arbeit des vierköpfigen Unterschenkelstreckers bei Kniebeugen, des Unterarmstreckers beim Übergehen aus Streckstütz in Beugestütz und der Unterarmbeuger beim Übergang aus Beugehang in Langhang, sowie der meist nur geringen Arbeit der Antagonisten bei jeder Bewegung. Eine haltende Tätigkeit übt etwa der zweiköpfige Unterarmbeuger bei Beharren in Beugehang aus. Die hemmende und haltende Tätigkeit ist erklärlicherweise wegen ihrer langen Dauer oft besonders anstrengend.

2. Mechanik einiger Haltungen und Bewegungen.

A. Das Stehen.

Wir folgen bei der Darstellung des Stehens im wesentlichen der Auffassung von R. du Bois-Reymond. Das Stehen wird nur dadurch möglich, daß 1. der sonst in vielen Gelenken bewegliche Körper durch Muskelzug und Bänderspannung in einen nahezu starren Körper verwandelt wird, daß 2. wie bei jedem anderen starren Körper das vom Schwerpunkt unseres Körpers gefällte Lot innerhalb der Unterstützungsfläche fällt. Die Unterstützungsfläche wird durch die Verbindungslinien der beiden Höcker der Fer-

senbeine, der Höcker der 5. und der Köpfchen der 1. Mittelfußknochen gebildet. Der Schwerpunkt liegt im kleinen Becken, etwa 2 cm unterhalb des Vorgebirges und vielleicht eine Spur hinter der Verbindungslinie der beiden Hüftgelenke. Der Oberkörper balanciert daher nahezu auf den Oberschenkelköpfen, so daß eine geringe tonische Spannung der großen Gesäßmuskeln und in etwas stärkerem Grade der Lendendarmbeinmuskeln genügt, ihn aufrecht zu erhalten. Ein Hintenüberfallen des Beckens wird auch durch die Spannung des Bertinischen Bandes verhindert. Der Rumpf selbst wird durch gemeinsame Spannung der Rückenstrecker und der Bauchmuskeln aufrechterhalten. Der Kopf müßte ohne Muskelanspannung vornüberfallen, da sein Schwerpunkt etwas vor seiner Unterstützungslinie liegt. Er und die Halswirbelsäule werden durch die Nackenmuskeln und den Kopfhalter in ihrer Lage erhalten.

Da der Unterschenkel beim Stehen mit dem Fuß einen nach vorn offenen Winkel von etwa 85° bildet, liegt der Schwerpunkt des Körpers nunmehr vor den Knie- und Fußgelenken, so daß das Körpergewicht den Unterschenkel im Fußgelenk weiter nach vorn drücken müßte, falls dies nicht der dreiköpfige Wadenmuskel verhinderte. In gleicher Weise sucht das Körpergewicht die Oberschenkel im Kniegelenk nach vorn zu beugen bzw. zu überstrecken, was ohne Muskelarbeit durch die Seitenbänder und das hintere Kreuzband des Kniegelenkes verhindert wird. Die Beine werden also im Kniegelenk allein durch die Schwerkraft gestreckt. Der vierköpfige Unterschenkelstrecker ist daran unbeteiligt, was auch daraus ersichtlich ist, daß die Kniescheibe beim Stehen frei beweglich ist, falls man sie nicht mit Absicht anspannt. Die Gesamtlast des Körpers ruht schließlich auf dem Fuß, der, wie wir schon sahen, durch die Bänder der Fußsohle in seiner Gewölbeform erhalten wird. Abgesehen von der Muskeltätigkeit, die zur Aufrechterhaltung des Rumpfes nötig ist, liegt demnach die Hauptarbeit beim Stehen dem dreiköpfigen Wadenmuskel ob, der allerdings eine Arbeit leisten muß, die sicher das Heben des gesamten Körpergewichtes übertrifft.

Der Unterschenkel wird noch weiter nach vorn geneigt, wenn wir uns bei der militärischen Haltung nach vorn herein legen. Dabei hat der dreiköpfige Wadenmuskel eine noch größere Arbeit als vorher zu leisten, da die Schwerlinie, d. h. das Lot, das vom Schwerpunkt auf den Boden gefällt wird, weiter vor die Fußgelenke fällt, also einen größeren Winkel mit dem gestreckten Bein bildet, so daß die Schwerkraft des Körpers unter günstigerer Richtung angreifen kann. Also auch beim Stehen wirken neben der Bänderspannung Muskeltätigkeit und Schwerkraft sich gegenseitig ergänzend, wie das im vorigen Abschnitt besprochen wurde.

Beim Stehen auf einem Bein muß das Schwergewicht des Körpers mehr auf die betreffende Seite gelegt und der Rumpf durch die Bauchmuskeln und die vierseitigen Lendenmuskeln an der betreffenden Seite an das Becken herangezogen, an der anderen Seite das Becken zum Brustkorb emporgehoben werden.

B. Das Gehen.

Wird der Körper noch weiter als bei der militärischen Haltung nach vorn herein gelegt, so müßte er vornüber fallen, wenn nicht ein Bein als neue Stütze vorgestellt wird. Das bedeutet den ersten Schritt. Nun ändert sich die Wirkung des dreiköpfigen Wadenmuskels des Standbeines. Er hindert nicht mehr ein weiteres Vorn-

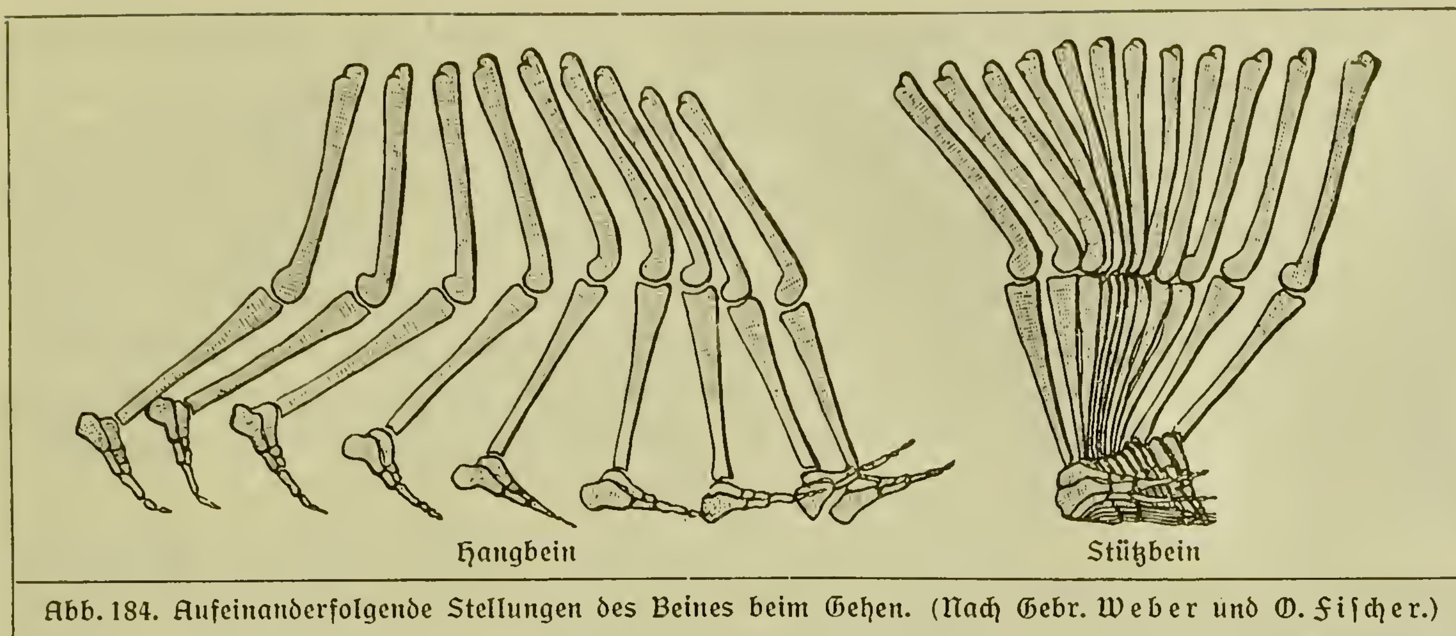


Abb. 184. Aufeinanderfolgende Stellungen des Beines beim Gehen. (Nach Gebr. Weber und O. Fischer.)

überfallen des Unterschenkels, sondern drückt den Fuß gegen den Boden und schiebt auf diese Art den ganzen Körper weiter nach vorn. Das abdrückende Bein schwingt an dem ersten Bein vorbei und fängt durch Aufsetzen den nach vorn gestoßenen Körper auf. Der zweite Schritt ist getan. Das vorschwingende Bein heißt Schwungbein oder Hangbein. Es wird zum Standbein oder Stützbein, sobald es das nach vorn unten ziehende Schwergewicht durch Aufsetzen auf den Boden auffängt. Zu gleicher Zeit wird das andere Bein durch Abstoßen und Vorwärtsschieben des Körpers zum Stoßbein und während des Vorschwingens zum Schwungbein. Dabei gibt es eine kurze Zeit, bei gewöhnlichem Schritt etwa ein Sechstel der Schrittdauer, in der beide Beine gleichzeitig den Boden berühren und das Körpergewicht tragen. (Abb. 184.)

Das allmähliche Vorwärtsschieben und Abstoßen des Körpers vollzieht sich derart, daß ein Teil des Fußes nach dem anderen von der Ferse an vom Boden entfernt wird. Diese Bewegung wird „Abwickeln" des Fußes genannt. Da der innere Fußrand dabei am kräftigsten gegen den Boden gestemmt wird, so haben der lange Wadenbeinmuskel und der hintere Schienbeinmuskel neben dem dreiköpfigen Wadenmuskel ihren entsprechenden Anteil an der Arbeit des Abwickelns. Das Schwingen des Beines wird durch Schwerkraft (Pendelbewegung) und Muskelkraft gemeinsam ausgeführt. Je größer die Schritte werden, um so mehr wird die Muskelkraft in den Vordergrund treten. Der Schritt besteht aber nicht nur in Schwingen des Beines im Hüftgelenk, sondern auch in Vorschieben der entsprechenden Hüfte. Der Rumpf wird dabei natürlich um so stärker gedreht, je größer die Schrittlänge ist. Die Schrittlänge beträgt im bequemen Marschtempo von 112—115 Schritten in der Minute etwa 80 cm.

Die Ferse wird beim Abwickeln des Fußes zuerst vom Boden gehoben und berührt auch zuerst den Boden, wenn das bisherige Schwungbein durch Aufsetzen auf den Boden zum Standbein wird. Der Körper wird bei jedem Schritt etwa 4 cm gehoben und wieder gesenkt.

Die Arbeitsleistung muß je nach der Größe der Schritte verschieden sein. Im allgemeinen wird man mit Weißbach annehmen können, daß der Arbeitsaufwand des Gehens bei der dem betreffenden Menschen bequemen Schrittlänge etwa ein Zwölftel des Arbeitsaufwandes beträgt, der nötig wäre, um das Körpergewicht um die zurück-

gelegte Strecke senkrecht in die Höhe zu heben, also $= \frac{1}{12} \times x$ kgm. Die Arbeitsleistung wächst mit den größeren Schritten, da hier die Muskelarbeit die Pendelkraft immer mehr ablöst und der Körper bei jedem einzelnen Schritt um ein größeres Stück gehoben wird. Das Steigen erfordert je nach der Steile des Weges oder der Treppe an Stelle des pendelartigen Schwingens der Beine immer mehr ausgiebiges Heben der Beine durch Muskelkraft. Außerdem wird der Körper, der beim Gehen mit geringer Hebung (etwa 4 cm) vorwärts geschoben wurde, immer mehr aufwärts-vorwärts gehoben. Der Arbeitsaufwand des Gehens wird beim Steigen durch das Heben des gesamten Körpergewichtes um die Höhe der Gesamtsteigung und durch das vermehrte Heben der Beine bei jedem einzelnen Schritt erhöht.

Das athletische Gehen soll nur kurz erwähnt werden. § 44 der Wettkampfbestimmungen der deutschen Sportbehörde für Athletik lautet über das Gehen: „Beim Wettgehen muß immer der Hacken des einen Fußes den Boden berühren, so lange noch die Spitze des rückwärtigen Fußes auf dem Boden ruht. Beide Beine müssen im Knie gestreckt sein." Es handelt sich demnach um eine künstliche und sehr anstrengende Gehart, die Arm-, Bein-, Rücken-, Brust- und Bauchmuskeln lebhaft betätigt und große Anforderungen an das Herz und die Willenskraft stellt und nur für ausgewachsene Menschen geeignet ist. Das athletische Gehen gestattet eine ziemliche Schnelligkeit. So ging nach Doerry der Engländer Larner eine englische Meile (1609 m) in 6 Minuten 26 Sekunden und 13,200 km in einer Stunde.

C. Das Laufen.

Die Mechanik des Laufens kann man am besten aus der Mechanik des Gehens entwickeln. Nur wird das Vorwärtsstoßen beim Lauf kräftiger und kürzer, so daß der Körper eine Weile frei in der Luft schwebt, während er beim Gang eine kurze Zeit durch beide Beine getragen wurde. Gleichzeitig wird natürlich die Schrittlänge durch das freie Fliegen des Körpers größer, bis über $1\frac{1}{2}$ m lang, und die Schrittzahl vermehrt, so daß die Schnelligkeit des Laufes aus zweierlei Ursachen ansteigt. Die Schrittlänge des bequemen Dauerlaufes beträgt etwa 1 m bei 170—180 Schritten in der Minute. Natürlich wird bei den größeren Schritten des Laufes auch das wechselseitige Vorschieben der Hüften durch Drehung des Beckens größer, ebenso wächst die Strecke, um die der Körper bei jedem Schritt gehoben wird. Der Fuß des Stoßbeines wird beim Lauf noch mehr als beim Gehen mit dem medialen Fußrand gegen den Boden gestemmt. Daher wird der lange Wadenbeinmuskel bei Läufern besonders ausgebildet und tritt an der Außenseite des Unterschenkels deutlich hervor.

Die größten Schritte werden auch beim Lauf durch Aufsetzen des Fußes auf der Ferse erreicht, jedoch hat das Aufsetzen mit der Fußspitze beim Schnellauf große Vorteile, da der Rückstoß dabei schwächer wird. Der sogenannte gute „Stil" erfordert jedenfalls das Auftreten auf der Fußspitze.

Die Arbeitsleistung bei Schnellauf in der Zeiteinheit ist ungeheuer groß. Sie beträgt beim 100 m-Lauf, also in 11 Sekunden über 1200 kgm. Doch liegen darüber und über den Stoffverbrauch noch keine genauen Untersuchungen vor.

D. Der Sprung.

Der Sprung ist ein weiter ausgebildeter Laufschritt. Das Abstoßen wird noch kräftiger und kürzer. Alle Kraft wird in den Augenblick des Abspringens gelegt. Daher sind die verschiedenen Arten der Sprünge kurzdauernde Kraftübungen. Der Körper schwebt längere Zeit frei in der Luft, die Schrittlänge ist verlängert. Der Fuß kommt daher mit größerer Wucht auf, so daß man großen Wert auf einen federnden Aufsprung (mit Fußspitze, mit Kniebeuge) legen muß. Man unterscheidet Haltungssprünge und Leistungssprünge. Das Hindernis kann um so höher sein, je mehr man die verhältnismäßig leichteren Beine zur Höhe des Körpers emporhebt, anstatt diesen um die gleiche Strecke zu heben. Das geschieht, wenn die Beine nacheinander das Hindernis überschreiten, wobei der Körper gleichzeitig wagerecht gelegt werden kann. Darauf beruht der schottische Sprung mit schrägem Anlauf. Die Ausgiebigkeit des Sprunges kann bei den meisten Sprungarten durch entsprechendes Schwingen der Arme erhöht werden (die griechischen Halteren). Die verschiedenen Arten der Sprünge, Hochsprung, Weitsprung, Hochweitsprung, Tiefsprung können nicht näher besprochen werden, ebensowenig die Vorzüge des deutschen und amerikanischen Dreisprunges.

Die durch die Kraft des Absprunges bedingte Höhe oder Weite des Sprunges wird beim Stabsprung durch die Zugkraft des einen und die Stützkraft des anderen Armes erhöht. Ganz ähnliche Gründe hat die größere Leistung bei Stützsprüngen an Bock und Pferd, sowie beim Unterschwung an den Ringen und am Reck.

Der Anlauf erhöht einmal die Kraft des Absprunges und nützt außerdem das Beharrungsvermögen des Körpers, der sich bereits in schneller Bewegung in der geforderten Richtung befindet, aus. Das gleiche gilt vom Sturmlauf. Jedoch darf die Sturmlaufstelle nicht zu steil sein, weil sonst der Absprung schwieriger und darum schwächer wird; im besonderen fällt ein Teil der Hebelwirkung des nur noch mit der Fußspitze aufgesetzten Fußes fort. Federnde Sturmlaufbretter erhöhen die Sprungleistung durch ihre elastische Kraft.

E. Das Sitzen.

Beim Sitzen kann das Becken weiter aufgerichtet werden als beim Stehen, da das Bertinische Band bei der Beugehaltung der Oberschenkel nicht angespannt ist. Auf diese Weise wird die Lendenlordose ausgeglichen, so daß wir ohne stärkere Rückwärtsbeugung den Rücken in der Lendenwirbelsäule anlehnen können. Das Gewicht des Rumpfes strebt nun aber, das Becken noch weiter um seine Querachse nach rückwärts zu drehen, was um so leichter geschehen kann, als die Sitzknorren nicht mit ebener Fläche, sondern mit runder Biegung aufliegen. Das Gesäß kann bei angelehntem Rücken noch weiter nach vorn geschoben werden, so daß wir in eine halbliegende Stellung kommen. Das aufrechte Sitzen ermüdet die Rückenmuskeln sehr stark. Wir neigen uns daher nach einiger Zeit vornüber und stützen den Ellenbogen auf die Oberschenkel oder, wenn wir an einem Tisch sitzen, auf diesen. Das ist sicher dem Anlehnen der Brust gegen die Tischkante vorzuziehen, wenn es auch einige Arbeit namentlich für die Muskeln des Schultergürtels bedeutet.

F. Das Knien.

Der Körper ruht beim Knien auf den Schienbeinhöckern, und je weiter man sich nach hinten herunter läßt, auch auf den Fußspitzen. Der Schwerpunkt wird beim aufrechten Knien vom vierköpfigen Unterschenkelstrecker und dem Unterschenkelbeuger über dem Schienbeinhöcker balanciert, wobei die federnde Auflage der Unterschenkel auf den Fußspitzen der Stellung Sicherheit verleiht. Sobald man sich etwas nach hinten herunterläßt, fällt die Muskelarbeit allein dem vierköpfigen Unterschenkelstrecker zu, der immer stärker hemmend wirken muß, bis das Gesäß seinen Ruhepunkt auf den Fersen findet. Die sehr große Unterstützungsfläche ist ein Rechteck, dessen Ecken die beiden Schienbeinhöcker und die beiden Fußspitzen bilden. Die Stellung wird um so sicherer, je mehr der Schwerpunkt durch Herunterlassen über die Mitte der Unterstützungsfläche verlegt wird. Die Unterschenkel sollen beim Knien einen möglichst kleinen Winkel gegen den Erdboden bilden. Der Schienbeinhöcker ragt nämlich nur verhältnismäßig wenig über das Niveau des übrigen Schienbeins nach unten (in der Kniestellung) hervor. Daher liegt die verlängerte Sehne des Unterschenkelstreckers auf dem Erdboden auf und trägt das Gewicht des Körpers, sobald das hintere Ende der Unterschenkel zu weit in die Höhe gehoben wird, wie das beim Aufsetzen des Fußes nur auf der Fußspitze der Fall ist. Der Druck der Körperlast kann den so wichtigen Bandapparat des Kniegelenkes schädigen, was vermieden wird, wenn man den Fuß in Fußgelenk, Fußwurzel und Mittelfuß möglichst weit nach hinten fußsohlenwärts beugt, so daß ein großer Teil des Fußrückens auf dem Boden aufliegt. Das Knien ist eine ausgezeichnete Ausgangsstellung für sehr wirksame Rumpfübungen.

G. Der Hang.

Langhang. Im Hang zieht das Schwergewicht des Körpers alle Gelenke auseinander, die beim Stehen zusammengepreßt werden. Alle Muskeln müssen daher durch stärkeren Muskeltonus der Schwerkraft entgegenwirken. Die Arme sind im Langhang nach oben gehoben. Daher befinden sich Schlüsselbein und Schulterblatt in der für diese Haltung auf Seite 129 beschriebenen Lage. Nur werden sie hier nicht durch die entsprechenden Muskeln (Kappenmuskel, Schulterblattheber), sondern durch die Schwerkraft des ganzen Körpers in dieser Lage erhalten. Um die Bänder des Brustbein-Schlüsselbeingelenkes nicht zu sehr zu beanspruchen, müssen die Antagonisten, im besonderen der Unterschlüsselbeinmuskel, die unteren Fasern des Rautenmuskels, der untere Teil des Kappenmuskels, außerdem die Muskeln, die vom Rumpf über den Schultergürtel hinweg unmittelbar zum Oberarm ziehen, nämlich der große Brustmuskel und der breite Rückenmuskel, den Körper tragen. Der große und kleine Brustmuskel heben dabei den Brustkorb in Einatmungsstellung. Das wird aber zum Teil durch das Schwergewicht der Beine ausgeglichen, die den vorderen Rand des Beckens und, durch Vermittelung der Bauchmuskeln, den Brustkorb nach unten ziehen. Da der Zug stets das Bestreben zeigt, senkrecht unter dem Schwerpunkt anzusetzen, prägt das Herabziehen des vorderen Beckenrandes die Lendenlordose stärker aus. Daher soll man die Beine im Langhang etwas nach hinten nehmen, um ein schönes, gleichmäßig geschwungenes, hinteres Körperprofil darzubieten. Das Bertinische Band hindert das Zurücknehmen

der Beine nicht, da ja die senkrechte Haltung der Beine bei der Vorwärtsneigung des Beckens noch keine volle Streckung bedeutet.

Beugehang. Die beim Beugehang tätigen Muskeln sind bereits an anderer Stelle (s. S. 142) beschrieben und ergeben sich aus der speziellen Muskellehre von selbst. Der Beugehang macht ein geringes Vornehmen des Unterkörpers notwendig, damit der Schwerpunkt des Körpers unter den Halt der Hände am Reck zu liegen kommt. Dabei verläuft der Körper in einer fortlaufenden, leicht schrägen Linie von oben hinten nach unten vorn. Aus dem gleichen Grunde muß man die Beine bei Stützhang vorlings und rücklings leicht nach hinten nehmen.

H. Der Stütz.

Streckstütz. Die Beteiligung der Armmuskeln bei Streckstütz und Beugestütz ist bereits auf Seite 325 besprochen. Die Schwerkraft des ganzen Körpers drückt bei Streckstütz den Schultergürtel nahezu in die gleiche Lage, die er beim Heben der Arme nach aufwärts über die wagerechte Linie hinaus einnimmt. Gleichzeitig wird das Schulterblatt stark von der Wirbelsäule fort nach vorn seitlich gezogen. Dem müssen der Rautenmuskel und der untere Teil des Kappenmuskels, nur stärker als beim Hang, entgegenwirken. Der breite Rückenmuskel wird den Oberarm und damit den Schultergürtel zurücknehmen und gemeinsam mit dem großen Brustmuskel die Bänder des Brustbein-Schlüsselbeingelenkes beim Tragen des Körpers entlasten.

Beugestütz. Die Schwerkraft zieht beim Beugestütz den Rumpf von den Schulterblättern fort nach vorn, so daß besonders die unteren Winkel der Schulterblätter stark abstehen. Dem wirkt der kleine Brustmuskel im Verein mit dem großen Sägemuskel, dem Rautenmuskel und dem breiten Rückenmuskel entgegen. Auch der große Brustmuskel wird stark beansprucht, damit der Winkel zwischen dem nach hinten gezogenen Oberarm und dem Rumpf nicht zu groß wird und die Bänder des Schultergelenkes nicht zu sehr belastet werden.

Die Bauchmuskeln wirken wie beim Hang mittelbar einer zu starken Hebung des Brustkorbes entgegen. Sehr langes Beharren ist im Stütz noch mehr als im Hang zu widerraten, da sich bei Ermüdung der Muskeln bald Pressung einstellt. Bewegungen des Rumpfes, wie Schwingen, sind wegen des Wechsels zwischen Zusammenziehung und Erschlaffung der beim Stütz (und Hang) tätigen Muskeln weniger anstrengend für das Herz als etwa nur Beinbewegungen, die die Rumpfmuskeln in ihrer dauernden gleichmäßigen Zusammenziehung weniger berühren.

J. Der Wurf.

Der Wurf ist eine überaus vielseitige Körperübung. Man unterscheidet am besten den Schlag- oder Stoßwurf, den Schockwurf und den Schwungwurf.

Der Schlagwurf und Schockwurf üben die Strecker und Beuger des Unterarmes. Die Strecker machen die Ausholbewegung, dann wird der Unterarm beim Vorstoßen gebeugt, und schließlich erhält das Wurfgeschoß durch Strecken des Armes noch den letzten Nachstoß. Der Schwungwurf wird mit gestrecktem Arm ausgeführt und übt daher nur die Streckmuskeln des Unterarmes.

Die Beweger des Oberarmes und der Schulter müssen bei allen drei Wurfarten die Hauptarbeit des Armes leisten. Die Muskeln, die den Arm und Schultergürtel rückwärts führen, betätigen sich bei Schlag- und Schockwurf nur während des Ausholens, beim Schwungwurf im Wechsel mit ihren Antagonisten während der ganzen Dauer des Schwunges. Die Muskeln, die Arm und Schultergürtel vorwärts führen, werden bei allen drei Wurfarten ganz besonders herangezogen.

Der Rumpf wird beim Ausholen nach der Seite des Wurfarmes seitwärts-rückwärts gebeugt und gleichzeitig gedreht, um dann beim Wurf durch die gegenwirkenden Muskeln blitzartig in entgegengesetzter Richtung gebeugt und gedreht zu werden. Ferner wird das rückwärtige Bein beim Ausholen gebeugt, um beim Wurf durch kurze Streckung den Rumpf und damit das Geschoß in der gewollten Richtung zu stoßen. Beide Male wird also besonders die Streckmuskulatur dieses Beines in Anspruch genommen. Das andere Bein muß die Wucht des nach vorn geschleuderten Körpers federartig auffangen, wobei wiederum die Streckmuskeln die Hauptarbeit leisten. Der Schwungwurf wird oft noch von einer ein- oder mehrmaligen Drehung des Körpers um seine Längsachse mit Wechsel der Beine begleitet, was weitere Körpermuskeln heranzieht.

Der Wurf nimmt also tatsächlich eine sehr große Zahl der Körpermuskeln in Anspruch, wobei die Art des Wurfgeschosses nur technische Unterschiede bedingt. Die Muskeln haben dabei eine zwar nur kurz dauernde, aber sehr kraftvolle Arbeit zu leisten. Der Wurf gehört also zu den kurzdauernden Kraftübungen mit Wechsel der Zusammenziehung und Erschlaffung. Die Muskeln müssen dabei ferner sehr fein zusammenarbeiten, so daß der Wurf eine ausgezeichnete Koordinationsübung ist, sei es, daß es sich um Einzelwürfe mit Speer, Kugel, Diskus, großem Ball, kleinem Ball, Schleuderball oder um Ballspiele aller Art handelt.

Man tut gut, die Übung des linken Armes beim Wurf nicht völlig zu vernachlässigen, weil ja die Muskeln des gesamten Körpers sonst nur einseitig (freilich nicht an allen Körperstellen etwa rechtsseitig) ausgebildet werden. Die meisten Menschen bringen es aber nur einseitig zu wirklich guten Leistungen im Wurf.

Der Zweck des Buches verbietet, noch weiter auf die Einzelheiten von Bewegungen einzugehen. Wer sich genauer unterrichten will, sei auf die verschiedenen Sonderschriften und auf das zusammenfassende Werk von F. A. Schmidt-Bonn „Unser Körper" verwiesen.

Vierter Teil.

Abriß der „Ersten Hilfe".

Der erste Grundsatz bei der Ausübung der „Ersten Hilfe" ist der, mit seinen Maßnahmen nicht mehr zu schaden als zu nützen. Das erscheint selbstverständlich, geschieht aber häufig nicht, indem der Nothelfer die Grenzen seines Könnens überschreitet, mißverstandene Anordnungen des Arztes gelegentlich früherer Unfälle nachahmt und darüber die einfachsten Vorschriften für die Handhabung der Hilfeleistung vergißt.

Der Unterricht in der Ersten Hilfe darf daher den Nothelfer nicht zu einem Hinübergreifen in das Gebiet des Arztes anregen, muß vielmehr die Grenzen seiner Tätigkeit genau feststellen. Danach soll der Nothelfer alle Maßnahmen beherrschen, die 1. eine augenblickliche Lebensgefahr beseitigen, die 2. eine Verschlimmerung verhindern können. Der Nothelfer soll 3. imstande sein, den Verunglückten in sachgemäßer Weise der ärztlichen Behandlung zuzuführen, da der Arzt nicht immer am Ort des Unglückes erscheinen kann. Zu dem Zweck muß der Nothelfer 4. den Verunglückten transportfähig machen, d. h. alle Maßnahmen treffen, die eine Schädigung durch den Transport nach Möglichkeit verhindern. Damit ist die selbständige Tätigkeit des Nothelfers beendet. Im besonderen soll er sich nicht auf selbständige Behandlung einlassen, da ihn seine Ausbildung nur noch dazu befähigt, einfachere Anordnungen des Arztes mit Verständnis auszuführen.

Die Ausbildung des Nothelfers muß trotz der notwendigen Beschränkung gründlich sein, da der Erfolg der späteren Behandlung, ja das Leben in vielen Fällen von der Richtigkeit der ersten Hilfeleistung abhängt, da ferner die so nötige Ruhe und Kaltblütigkeit nur auf Grund sicheren Könnens erwachsen kann und bis zum Eingreifen des Arztes an manchen Orten lange Zeit vergeht. Auch die Benachrichtigung des Arztes erfordert Kaltblütigkeit und Sachkenntnis. Die Nachricht muß den Arzt erkennen lassen, welche Instrumente oder Hilfsmittel er mitbringen muß, da er ohne diese oft auch machtlos ist.

Eine sachgemäße erste Hilfeleistung erfordert Erfahrung. Nur der praktische Unterricht durch einen erfahrenen Arzt, nicht das Lernen aus einem Buche, noch weniger aus einem kurzen Abriß kann die mangelnde eigene Erfahrung des Lernenden ersetzen. Der vorliegende Abriß soll daher auch nur einige Tatsachen bringen, die der praktischen Erläuterung durch den Fachmann bedürfen.

Erster Abschnitt.

Verletzungen.

1. Offene Wunden.

A. Vorbereitende Maßnahmen.

Die Gefährlichkeit offener Wunden liegt in der Möglichkeit des Eindringens von Verunreinigungen und von Eiter- oder Krankheitserregern. Die Tätigkeit des Nothelfers besteht darin, diese nach Möglichkeit fernzuhalten. Dabei ist das erste Erfordernis, nicht selbst Verunreinigungen in die Wunde zu bringen, was durch persönliche Sauberkeit und durch Sauberkeit der Verbandstoffe erreicht wird.

Zur persönlichen Reinigung lege man den Rock ab und streife die Hemdsärmel bis über den Ellenbogen hinauf. Darauf reinige man die Hände und Unterarme durch gründliches Bürsten mit Seife und warmem Wasser, wobei man besonders die Seitenflächen der Finger, also die Zwischenräume zwischen zwei Fingern, und die ganze Umgebung der Fingernägel berücksichtigen muß. Nach gründlicher Reinigung der Nägel selbst mit dem Nagelfalz kommen nochmals warmes Wasser, Seife und Bürste in Anwendung. Danach reibe man die Hände, auch wieder besonders die Zwischenräume der Finger und die Nagelgegend, vermittels eines Mulläppchens etwa 2 Minuten lang mit Alkohol (85 %) ab. Beides läßt sich vereinigen, indem man die Hände von vornherein mit Seifenspiritus wäscht und bürstet, was aber im Gebrauch teurer wird.

Die Wunde selbst soll möglichst ganz unberührt gelassen werden. Vor allen Dingen ist das oft so beliebte „Auswaschen“ der Wunde ein grober Fehler, da es etwaige Eitererreger nur künstlich in die Tiefe hineinreibt. Allenfalls mag man grobe Verunreinigungen, wie Sand oder Erde, durch leichtes Abspülen entfernen. Dabei ist die Verwendung desinfizierender Flüssigkeiten nicht nur zwecklos, sondern unmittelbar schädlich. Sie können durch das kurze Hinüberrieseln etwa in der Wunde befindliche Eitererreger doch nicht abtöten, verringern aber durch Schwächung der Lebenskraft der Gewebe ihre Widerstandsfähigkeit gegen die Keime. Die beste Spülflüssigkeit ist abgekochtes und wieder abgekühltes Wasser oder auch einfaches Leitungs- und Tiefbrunnenwasser, das man zu lauer Temperatur anwärmen kann. Man läßt das Wasser vermittels eines Irregators mit Schlauch oder aus einem Topf mit Schneppe über die Wunde rieseln, aber nicht aus großer Höhe, da dann der starke Druck des Wassers die Verunreinigungen ebenfalls in das Gewebe hineinpressen kann. Die unverletzte Haut in der Umgebung der Wunde kann von Schmutz und Blut gereinigt werden, am besten mit Mulläppchen und Alkohol, der starkes Reiben zur Entfernung angetrockneten Blutes unnötig macht.

Einige Chirurgen verwerfen auch das Abspülen der Wunde und das Reinigen der Umgebung, da letzteres auch ohne Reiben die Gewebe reizen und in ihrer Widerstandskraft schädigen, ersteres etwaige Blutgerinnsel aus eröffneten Blutgefäßen fortspülen und so eine Blutung hervorrufen soll. Jedenfalls ist es ratsam, bei umfangreichen Wunden auch die beschriebene, bei kleinen Wunden erlaubte Reinigung zu unterlassen und sich mit einem vorläufigen Verband zu begnügen.

Dieser Verband heißt Wundverband und hat den Zweck, die Wunde gegen das Eindringen weiterer Verunreinigungen von der Außenwelt abzuschließen.

B. Der Wundverband. Aseptische und antiseptische Verbandstoffe.

Man unterscheidet am Wundverband wie an jedem anderen Verband den eigentlichen Verband und die Befestigung des Verbandes. Zur Befestigung des Verbandes dient eine Binde oder ein Verbandtuch oder auch Heftpflaster. Die Befestigung mit Heftpflaster bedarf keiner besonderen Erklärung. Das Anlegen der Binden und Verbandtücher wird Seite 346 besprochen.

Es gibt aseptische (keimfreie) und antiseptische (mit keimtötenden Mitteln getränkte) Verbandstoffe. Die aseptischen Verbandstoffe sind weiß, die antiseptischen zur Unterscheidung von den aseptischen rötlich gefärbt. Der Nothelfer braucht zum Anlegen des Wundverbandes nur aseptische Verbandstoffe (allenfalls noch den gelblichen Jodoformmull oder Mull mit einem geruchlosen Ersatzmittel des Jodoforms), und zwar nur Mull oder Mull und Watte. Zur Aushilfe kann man auch reine Wäschestücke benutzen, aber auf keinen Fall „alte Leinwand".

Der Wundverband sei so einfach wie möglich. Es genügt in leichten Fällen eine 6—8fache Lage von Verbandmull, um keine Verunreinigung hindurchzulassen. Der Mull muß bei größeren Wunden in einer größeren Zahl von Lagen aufgelegt werden, um auch etwaige schmerzhafte Berührungen abzuhalten. Zu dem Zweck kann an Stelle des Verbandmulles Verbandwatte genommen werden, die auch Blut und Wundflüssigkeit besser aufsaugt. Jedoch ist es wegen der möglichen Verunreinigung der Wunde durch Wattefasern ein grober Fehler, die Watte unmittelbar auf die Wunde zu legen. Die untersten Lagen des Verbandes müssen vielmehr stets aus Mull bestehen, wobei man darauf achten muß, daß die Ränder nach oben umgeschlagen werden, da auch der Mull an den Rändern leicht fasert. Man legt noch vielfach unmittelbar auf die Wunde Jodoformgaze oder die geruchlose Dermatolgaze oder Gaze, die einen anderen Ersatz des Jodoforms enthält. Die Vermehrung der etwaigen Eiterkeime in dem die Verbandstoffe durchdringenden Blutserum soll dadurch verhindert werden. Doch verzichtet man neuerdings bei frischen Wunden darauf und begnügt sich mit dem Auflegen von keimfreiem Mull. Es sei davor gewarnt, Jodoformpulver oder entsprechende Ersatzpulver auf oder in die Wunde zu streuen. Die Aufbewahrung dieser Pulver in den Schränken für „Erste Hilfe" gewährleistet keinen genügenden Schutz gegen Staubbeimischung.

Die Keimfreiheit des Mulls ist notwendig, damit die Wunde nicht durch die Verbandstoffe verunreinigt, anstatt vor Verunreinigungen geschützt wird. Die Verbandstoffe werden in der Fabrik keimfrei gemacht und luftdicht verpackt. Doch haben die gewöhnlichen Verpackungen große Nachteile. Der Mull eines Päckchens wird meist bei einem Verband nicht verbraucht, und die eingehendste Belehrung (Berühren nur mit ausgekochter Pinzette, richtiges Wiedereinpacken) schützt nicht vor unzweckmäßiger Behandlung und damit Verunreinigung des übrigbleibenden Mulls. Besser ist die Verpackung des Mulls und der übrigen Verbandstoffe in Kästen mit doppeltem Boden. Dabei ist der Mull in die entsprechende Zahl von Lagen zusammengelegt und dann

in Bindenform aufgewickelt. Die ganze Binde liegt unter dem zweiten Boden, und nur der Anfangsteil ragt durch einen Spalt über denselben hinaus. Man zieht dann jedesmal so viel Verbandstoff heraus, wie man braucht, und schneidet etwas über dem Spalt ab, so daß das Ende nicht durch den Spalt verschwinden kann. Diese Verpackung schützt vielleicht bei sachgemäßer Behandlung einige Zeit vor grober Verunreinigung. Eine sachgemäße Behandlung ist aber nicht durchzuführen in großen Betrieben, wo die meisten Teilnehmer noch nicht in Erster Hilfe ausgebildet sind und außerdem oft wechseln. Dann halte man die Verbandstoffe in verschieden großer Menge, für je einen größeren oder kleineren Verband reichend, in einzelnen Päckchen vorrätig, die erst bei jedesmaligem Gebrauch geöffnet und völlig verbraucht werden. Diese Verpackung erhöht den Preis nur unwesentlich und schützt nach persönlicher sachgemäßer Reinigung sicher vor Verunreinigung.

C. Blutstillung.

Starke Blutungen bei offenen Wunden müssen wegen der damit verbundenen unmittelbaren Lebensgefahr zuerst gestillt werden.

Die Natur selbst sucht eine Blutung durch die Gerinnung zu stillen. Diese natürliche Blutstillung genügt jedoch oft nicht, da der Blutstrom die Gerinnsel fortspült, noch ehe sie sich haben befestigen können. Dann muß der Blutstrom zur Unterstützung der natürlichen Blutstillung durch einen zweckmäßigen Eingriff unschädlich gemacht werden. Dieser Eingriff richtet sich je nach der Stärke des Blutstromes oder mit anderen Worten des Blutdruckes. Der Blutdruck ist in den Arterien hoch (120—180 mm Quecksilber), in den Venen niedrig (bis 10 mm Quecksilber). Der Eingriff zwecks Stillung einer Arterienblutung und einer Venenblutung muß daher grundverschieden sein.

Die Arterienblutung und die Venenblutung kann man nach folgenden Merkmalen unterscheiden:

Das Arterienblut hat hellrote Farbe, das Venenblut dunklere, blaurote Farbe.

Das Arterienblut fließt in kräftigem Strom mit stoßweisen Verstärkungen ab, das Venenblut gleichmäßig.

a) **Venenblutung. Der Druckverband.** Die Lichtung der Venen (und Kapillaren) kann vermöge des niedrigen, in ihnen herrschenden Blutdruckes durch einen geringen äußeren Druck zusammengepreßt werden, was durch die Schwäche ihrer Wände weiter erleichtert wird. Es genügt dazu der sogenannte Druckverband.

Der Druckverband wird auf der offenen Wunde selbst angelegt und ist nichts anderes als ein etwas veränderter Wundverband. Der Mull oder die Watte des Wundverbandes werden in dicker Lage aufgelegt und vorher fest zusammengedrückt; die Binde, die sonst so lose wie möglich sitzen soll, wird fester gezogen, so daß ein festweicher Druck ausgeübt wird, der die Lichtung der blutenden Vene (oder der Kapillaren) verlegt. Der Verband muß natürlich mit derselben Sauberkeit wie der eigentliche Wundverband angelegt werden, nur wird man sich bei der Reinigung der Finger möglichst beeilen, um unnötigen Blutverlust zu vermeiden.

b) **Arterienblutung. Die elastische Binde.** Die endgültige Stillung der Arterienblutung ist Sache des Arztes. Die vorläufige Stillung durch den Nothelfer erfolgt in

den meisten Fällen nicht in der Wunde selbst, sondern zwischen Wunde und Herz, und zwar steht die Blutung augenblicklich, wenn man die Arterie oberhalb der Wunde mit den Fingern gegen den darunterliegenden Knochen andrückt. Bei einer Blutung am Arm umgreift man den Arm von außen her mit der Hand, so daß vier Finger auf der medialen Seite des Oberarmes in die Lücke zwischen Oberarmbeuger und -Strecker fassen, und drückt die Oberarmarterie gegen das Oberarmbein, wobei der Daumen als Widerhalt auf der lateralen Seite des Oberarmes liegt (Abb. 185). Bei einer Blutung am Bein umgreift man den Oberschenkel der liegenden verletzten Person von oben her mit beiden Händen derart, daß beide Daumen dicht unter der Leistenbeuge, etwa in der Mitte zwischen vorderem oberem Darmbeinhöcker und Schoßfuge, in die Tiefe drücken, während die übrigen Finger als Widerhalt den Oberschenkel medial und lateral umgreifen (Abb. 186). Während man die Arterie in dieser Art abdrückt, legt ein zweiter Helfer eine elastische Binde, die bis zur Stillung durch den Arzt liegen bleibt, fest um das Glied (Abb. 187). Nach der Blutstillung wird die Wunde vorschriftsmäßig versorgt und mit einem Wundverband versehen. Befindet sich die Blutung am Unterarm oder Unterschenkel, so steht die Blutung durch kräftiges Anbeugen des Unterarmes oder Unterschenkels gegen Oberarm oder Oberschenkel und Festbinden in dieser Stellung (Abb. 188). Dadurch wird die Arterie in der Kniekehle oder Ellenbeuge zusammengedrückt. Die erwähnten Blutstillungsverfahren ohne Berühren der Wunde haben den Vorzug, daß die Wunde nicht verunreinigt wird.



Abb. 185. Abdrücken der Oberarmarterie.

Liegt die Wunde sehr weit oben, unmittelbar an der Leistenbeuge oder Achselhöhle, so muß man die Arterie notgedrungen an der Wunde, unter Umständen mit ungereinigten Händen, abdrücken, um eine Verblutung zu ver-



Abb. 186. Abdrücken der Oberschenkelarterie.



Abb. 187. Abdrücken der Oberarmarterie und gleichzeitiges Anlegen der elastischen Binde.

hindern. Bei der Achselarterie kann man versuchen, die Blutung durch energisches Zurückdrücken des Oberarmes zu stillen, wobei das Schlüsselbein auf die zwischen erster Rippe und Schlüsselbein verlaufende Schlüsselbeinarterie drückt. (S. 125.) Auch ist die Anlegung einer elastischen Binde dann oft unmöglich. Das ist natürlich stets bei etwaiger Verletzung der Halsschlagader der Fall. Hier muß man bis zur endgültigen Blutstillung durch den Arzt mit der Hand abdrücken. Die Halsschlagader wird dabei mit dem Daumen, der dicht neben dem Kehlkopf nach hinten gleitet, gegen die Halswirbelsäule angedrückt, wobei die übrigen Finger am Nacken als Widerhalt dienen. (Abb. 189.)

Arterienblutungen am Rumpf erfordern meist nur einen Druckverband. Ist eine Arterie in der Brust- oder Bauchhöhle verletzt, so wird der Nothelfer, oft auch der Arzt, nicht helfen können. Ruhige Lage, kein Transport ist das Notwendigste.

Die elastische Binde kann durch einen Hosenträger oder durch eine gewöhnliche Binde oder einen Strick ersetzt werden. Kommen letztere beide in Anwendung, so legt man auf die Stelle, wo die Arterie abgedrückt wird, eine zusammengewickelte zweite Binde oder ein zusammengedrücktes Taschentuch (keinen festen Gegenstand wegen der Gefahr einer Drucklähmung des Nerven) und zieht die erste Binde oder den Strick fest an. Die elastische Binde kann 3 bis 4 Stunden, die letzte Art der Abbindung nur $1\frac{1}{2}$ Stunden liegen bleiben.



Abb. 188. Kräftiges Anbeugen und Anbinden des Unterschenkels an den Oberschenkel zwecks Blutstillung

D. Verschiedene Arten von Wunden.



Abb. 189. Abdrücken der Halsschlagader.

Man teilt die Wunden nach der Art ihrer Entstehung in Schnittwunden, Quetschwunden, Stichwunden, Schußwunden und Brandwunden ein.

a) **Schnittwunden.** Die Schnittwunden haben scharfe, glatte Ränder und bluten leicht, da auch die Blutgefäße glatt durchgeschnitten sind. Ihre Umgebung ist kaum verändert. Die Schnittwunden heilen nach Vereinigung der Wundränder durch den Arzt meist schnell.

b) **Quetschwunden.** Die Quetschwunden haben im Gegensatz zu den Schnittwunden gezackte, unregelmäßige Ränder, die bläulich verfärbt sind als Zeichen teilweiser Quetschung des Gewebes der Umgebung. Das ist erklärlich, weil die stumpfe Gewalt, durch die Quetschwunden entstehen, nicht an allen Stellen gleich stark einwirkt. Die Quetschwunden bluten zunächst meist wenig, da die Lichtung der etwa verletzten Blutgefäße durch die quetschende Gewalt ebenfalls zusammengedrückt ist. Das Gewebe wird sich aber nach einiger Zeit etwas erholen und wieder aufquellen. Dann kann sich die Lichtung der Blutgefäße öffnen und eine Nachblutung eintreten. Darauf muß man sich für den Transport vorbereiten.

Die Bißwunden haben meist die Merkmale der Quetschwunden. Sie sind durch Verunreinigung mit dem eingedrungenen Speichel gefährlich, auch abgesehen von Bissen tollwütiger Tiere oder giftiger Schlangen.

c) **Stichwunden.** Die Stichwunden entstehen durch spitze Gegenstände, wie Messer Lanzen, Holzsplitter, und haben eine kleine, wenig klaffende Öffnung. Sie sind heimtückisch, da man meist nicht beurteilen kann, welche Teile in der Tiefe verletzt sind. So kann sich ein Verletzter ohne erhebliche äußere Blutung durch Verletzung eines tieferen großen Blutgefäßes innerlich verbluten. Auch können Eitererreger mit dem stechenden Gegenstand in die Tiefe gedrungen oder Fremdkörper (abgebrochene Spitzen) zurückgeblieben sein. Der Nothelfer soll bei der Möglichkeit stärkerer Blutung die entsprechenden Arterien abbinden und einen Wundverband anlegen, zurückgebliebene Fremdkörper aber niemals entfernen.

d) **Schußwunden.** Die Schußwunden sind nach der Art des Geschosses verschieden. Wunden von Gewehr-, Pistolen- oder Revolvergeschossen sind einander ähnlich, nur daß die Geschosse von Pistolen und Revolvern wegen der geringeren Durchschlags-

kraft leichter im Körper zurückbleiben. Diese Art Schußwunden haben entweder nur Einschußöffnung oder Einschußöffnung und Ausschußöffnung. Die Einschußöffnung ist meist klein, strichförmig, die Ausschußöffnung größer, mit zerrissenen Rändern. Der Nothelfer soll nur die beiden Öffnungen mit einem Wundverband schließen, ohne die Wunde abzuspülen oder die Umgebung zu reinigen. Das Suchen nach dem Geschoß mit dem Finger oder der Sonde ist selbstverständlich streng verpönt, die weitere Behandlung ist Sache des Arztes.

Artilleriegeschosse oder Explosionen können ganze Glieder abreißen oder schwere Quetschungen hervorrufen. Etwaige Blutungen sind zu stillen, die Wunde oder der Stumpf mit einem Wundverband zu versehen, zu dem natürlich dicke Lagen Verbandstoff nötig sind. Jedes Abspülen und Reinigen ist zu unterlassen. Die Hauptsache bei so schweren Verletzungen ist Kaltblütigkeit des Nothelfers in der Anwendung der einfachen Regeln der Ersten Hilfe.

e) **Brandwunden.** Die Brandwunden entstehen durch Feuer, heiße, feste Gegenstände oder heiße Flüssigkeiten. Es gibt drei Grade von Brandwunden. Der erste Grad verursacht Rötung und ein brennendes Gefühl der Haut. Beim zweiten Grad ist die Oberhaut in Blasen abgehoben, die mit einer serösen Flüssigkeit gefüllt sind. Beim dritten Grade sind einzelne Teile völlig verkohlt. Die Kleider schneide man bei Brandwunden vorsichtig auf und weiche angeklebte Stellen mit Öl ab. Die Wunden selbst werden mit Öl (Leinöl mit Kalkwasser) oder Borsalbe verbunden. Umfangreiche Verbrennungen zweiten Grades und alle Verbrennungen dritten Grades sind sofort dem Arzte zuzuführen. Auch kleinere Verbrennungen zweiten Grades werden meist der ärztlichen Behandlung bedürfen.

2. Verletzungen ohne offene Wunden.

A. Die Knochenbrüche.

a) **Einteilung der Knochenbrüche.** Die Tätigkeit des Nothelfers bei Knochenbrüchen beschränkt sich auf die Anlegung eines Stützverbandes, der eine weitere Verschiebung verhindern soll. Es ist nicht Sache des Nothelfers, eine etwa schon vorhandene Verschiebung auszugleichen und den Bruch einzurichten. Die Bruchenden dürfen sich aber auf keinen Fall weiter verschieben, da sich sonst leicht ein Bruchende durch die Haut hindurchbohren kann.

Man unterscheidet einfache oder geschlossene Brüche, bei denen die äußere Haut nicht verletzt ist, und komplizierte oder offene Brüche, bei denen die Haut von innen durchbohrt ist.

Die offenen Brüche sind besonders gefährlich, da bei ihnen die Gefahr des Eindringens von Eitererregern zu den sonstigen Schäden des Bruches noch hinzukommt. Die offene Wunde ist nach den Regeln des Wundverbandes zu versorgen, jedoch ohne Abspülung. Unter keinen Umständen soll der Nothelfer das etwa heraussteheude Stück Knochen in die Wunde zurückbringen, im Gegenteil, er soll es mit Mull umwickeln, damit es durch den Transport nicht etwa von selbst zurückgeht und die Verunreinigung mit in die Tiefe nimmt. Dazu gehört auch eine entsprechende Lagerung des Körperteiles. Nach Versorgung der Wunde wird ein gleicher Stützverband wie bei anderen Brüchen angelegt.

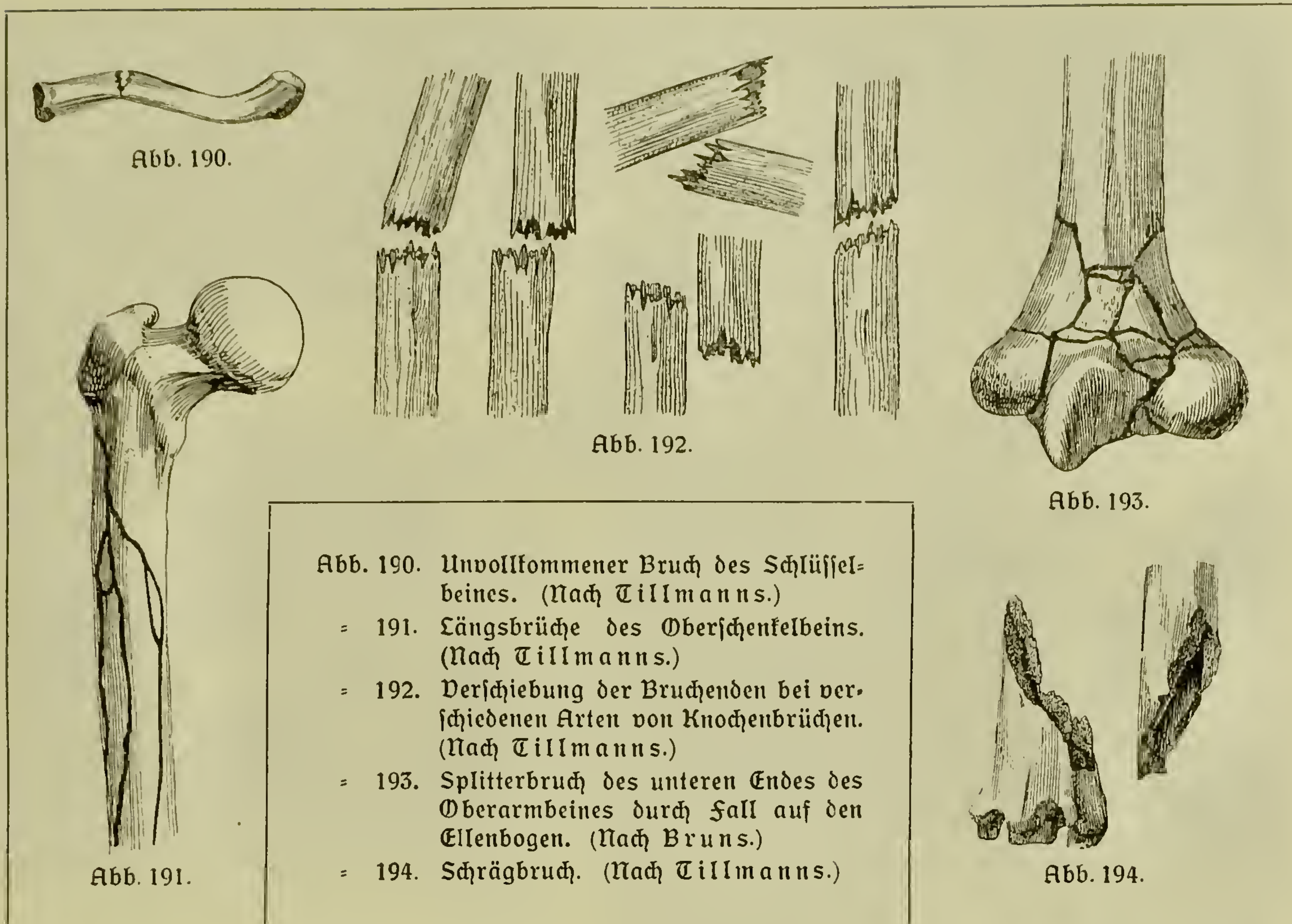


Abb. 190. Unvollkommener Bruch des Schlüsselbeines. (Nach Tillmanns.)
" 191. Längsbrüche des Oberschenkelbeins. (Nach Tillmanns.)
" 192. Verschiebung der Bruchenden bei verschiedenen Arten von Knochenbrüchen. (Nach Tillmanns.)
" 193. Splitterbruch des unteren Endes des Oberarmbeines durch Fall auf den Ellenbogen. (Nach Bruns.)
" 194. Schrägbruch. (Nach Tillmanns.)

Die Brüche werden weiter in vollkommene oder unvollkommene Brüche eingeteilt, je nachdem die beiden Bruchenden vollkommen voneinander getrennt sind oder der Knochen nur angebrochen ist (Abb. 190). Längsbrüche oder Fissuren (Abb. 191) sind wohl immer unvollkommene Brüche. Sonst kann man noch (Abb. 192) Querbrüche, Schrägbrüche und (Abb. 193) Splitterbrüche unterscheiden. Die verschiedenen Arten der Brüche bedingen verschiedenartige Verschiebung der Bruchenden. Die spitzen Knochenenden der Schrägbrüche können sich am leichtesten durch die Weichteile und die Haut bohren und einen offenen Bruch schaffen (Abb. 194).

b) **Erkennung der Knochenbrüche.** Ein Knochenbruch ist zu erkennen 1. an der unnatürlichen Lage oder Gestalt eines Gliedes, das an der betreffenden Stelle angeschwollen oder abgebogen oder im ganzen verkürzt ist. Man kann dies durch den einfachen Augenschein, am besten durch Vergleich mit der gesunden Seite, feststellen. Hat die einfache Besichtigung kein Ergebnis, so fordert man den Verletzten auf, das Glied zu heben, wobei sich 2. die Unmöglichkeit, das Glied zu bewegen, zeigt und beim Versuch dazu Schmerz geäußert wird. Gleichzeitig kann man 3. eine Beweglichkeit des Gliedes wahrnehmen an einer Stelle, wo sich kein Gelenk befindet. Die drei Kennzeichen ergeben sich, ohne daß man den Verletzten berührt hat. Das letzte Kenn zeichen tritt oft erst bei vorsichtigem Befühlen hervor. 4. Man fühlt ein Knarren oder Reiben bei vorsichtigem Bewegen der Knochenenden, das vom Verschieben rauher Bruchstellen gegeneinander herrührt. Der Nothelfer verzichtet wegen der Gefahr ungünstiger Verschiebung der Bruchenden besser auf dies letzte Kennzeichen und nimmt im Zweifelsfalle einen Knochenbruch an, um den Verletzten entsprechend zu verbinden.



Abb. 195. Halten des verletzten Unterschenkels durch zwei Nothelfer beim Entblößen des Gliedes.

Die Erkennung eines Knochenbruches ist oft recht schwierig, z. B. beim Bruch nur eines Knochens am Unterarm oder Unterschenkel, bei Rippenbrüchen, nach bereits eingetretener starker Weichteilschwellung, ferner an Stellen, wo der Knochen unter dicken Muskelmassen, wie am Oberschenkel, liegt, besonders aber, wenn sich der vermeintliche Bruch in der Nähe des Schultergelenkes oder Hüftgelenkes befindet. Da können alle angeführten Kennzeichen trügen, denn die Beweglichkeit oder Abknickung kann ebensogut im Gelenk wie an der etwaigen Bruchstelle liegen. Auch eine Verwechslung mit einer Verrenkung ist dann leicht möglich. Andere Brüche sind wieder ganz unverkennbar, wie der Bruch beider Unterarmknochen, selbst in der Nähe des Handgelenkes.

c) **Entkleiden des verletzten Gliedes.** Ein verletztes Glied wird meist schon zur Feststellung der Art der Verletzung entblößt werden. Die Entkleidung muß mit großer Vorsicht geschehen. Häufig muß der Ärmel, das Hosenbein, der Stiefel aufgeschnitten werden. Dabei trenne man das Kleidungsstück in der Naht auf, um es nicht unbrauchbar zu machen. Sonst ziehe man zuerst den Ärmel oder das Hosenbein der unverletzten Seite aus, da man das gesunde Glied beliebig biegen kann. Das Abstreifen vom verletzten Gliede erfordert dann keinerlei Biegung desselben. Es wird dabei am besten von 1—2 Gehilfen gehalten (Abb. 195).

d) **Der Stützverband und die Lagerung des Gliedes bei Knochenbrüchen. Die Mitella.** Der Stützverband soll dem Gliede Halt geben, damit es nicht an der Bruchstelle abgebogen wird. Man nimmt dazu Schienen, am besten solche aus festem, aber doch etwas biegsamem Material, so daß sie sich den Formen des Gliedes anpassen,

z. B. Drahtschienen oder Pappeschienen. Die Ungleichheiten werden mit Watte ausgepolstert. Die Schiene wird entweder mit einer Binde völlig festgewickelt (Abb. 196) oder an drei Stellen befestigt. (Abb. 197.) Dabei wird tunlichst das nächstgelegene Gelenk in bequemer Lage mit festgestellt. Wenn keine Schienen zur Hand sind, muß man sich behelfen. Für den Schienenverband des Beines eignen sich Regenschirme, deren Bezug nicht gewickelt wird, oder auch Stöcke und Brettchen. Ausgezeichnet läßt sich in Nachahmung des militärischen gerollten Mantels der gerollte oder auch zusammengelegte Lodenmantel oder Rock verwenden (Abb. 197). Ist keinerlei brauchbares Material vorhanden, dann kann man das kranke Bein auf der Trage an das gesunde Bein anbinden, wobei in ausgestreckter Rückenlage beide Fußspitzen nach oben zeigen müssen. Bei Bruch des Unterschenkels wird häufig die Lagerung auf doppelt geneigter schiefer Ebene angenehm empfunden. Man kann dazu den gepackten Rucksack oder einen umgestülpten Stuhl als Unterlage benutzen. Als Armschienen, sowohl am Oberarm als am Unterarm, eignen sich ganz besonders gut Hefte mit Einbänden von Wachsleinwand oder zusammengerollte oder -gelegte kleine Kleidungsstücke, Jacke oder Weste, die den Vorteil haben, über das Ellenbogengelenk hinwegzugehen (Abb. 196). Der Arm ist im Ellenbogengelenk rechtwinklig zu beugen und in eine Mitella zu legen.



Abb. 196. Zusammengelegte Weste als Notschiene bei Armverletzung und ihre Befestigung mit fortlaufender Binde.

Die Mitella oder Armbinde wird mit dem dreieckigen Verbandtuch angelegt (Abb. 198), wobei die zwischen Arm und Brust hindurchziehende Lage des Tuches auf die entgegengesetzte Schulter zu liegen kommt. Das dreieckige Tuch läßt sich bei der Mitella durch ein oder zwei Bänder ersetzen. Oder der vordere Rockschoß kann in passender Weise hochgeschlagen und mit Nadeln befestigt werden. Auch kann der Arm an dem Rock selbst oberhalb eines zugemachten Knopfes Halt finden.

Behelfsschienen für Arm oder Bein lassen sich auch schnell durch Zusammenbinden mehrerer kleiner Bündel Strohhalme herstellen.

Bei Schlüsselbeinbruch klemmt man ein Polster (zusammengelegtes Tuch) unter die Achselhöhle der entsprechenden Seite und bindet den Arm fest an den Rumpf (Abb. 199).



Abb. 197. Zusammengelegter Lodenmantel als Notschiene bei Beinverletzung und seine Befestigung mit drei zusammengelegten Verbandtüchern.



Abb. 198. Die Mitella.

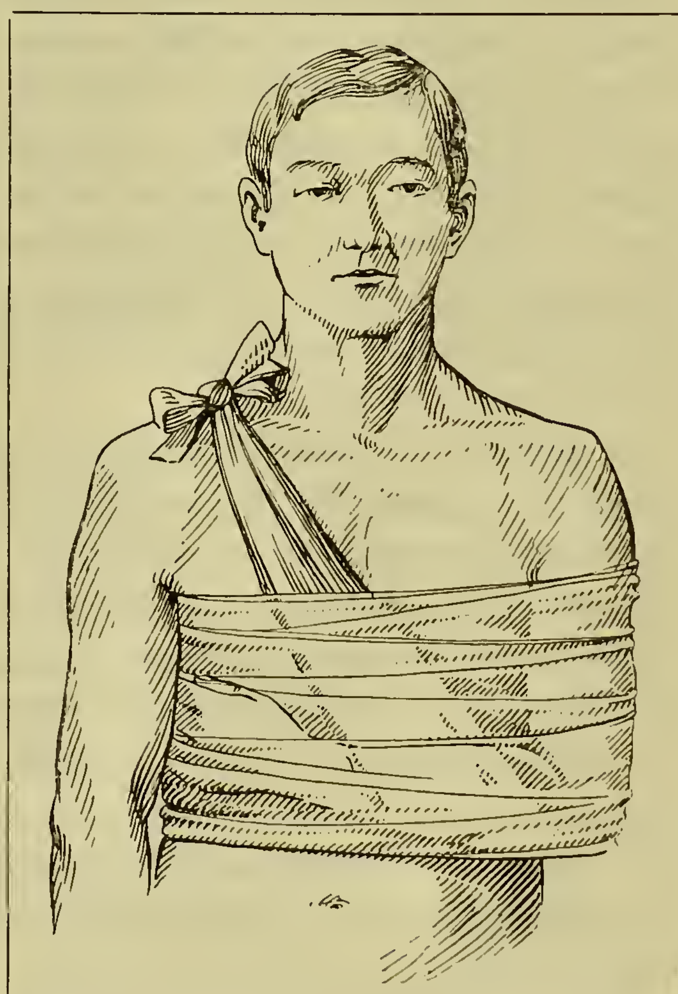
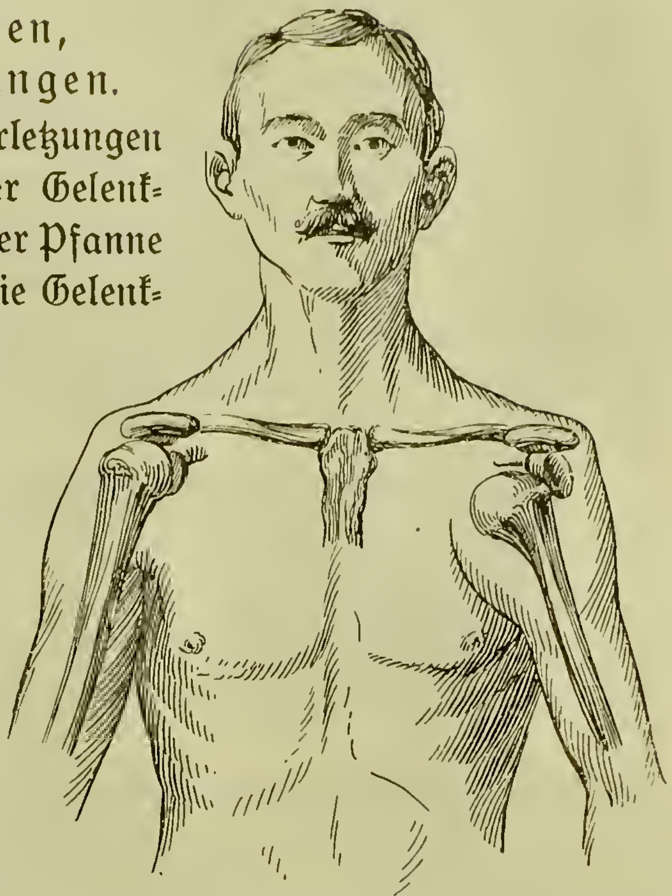


Abb. 199. Notverband bei Schlüsselbeinbruch. (Nach Tillmanns.)

B. Verrenkungen, Verstauchungen, Quetschungen und andere Verletzungen.


Abb. 200. Verrenkung im linken Schultergelenk. (Nach Tillmanns.)

Verrenkungen und Verstauchungen sind Verletzungen von Gelenken. Bei Verrenkungen tritt der Gelenkkopf durch einen Riß der Gelenkkapsel aus seiner Pfanne heraus (Abb. 200), bei Verstauchungen ist die Gelenkkapsel gedehnt oder auch eingerissen, der Gelenkkopf bleibt aber an seiner Stelle. Das Zurückbringen des Gelenkkopfes in seine Pfanne bei Verrenkungen heißt Einrenken. Es ist oft sehr schwierig oder auch nur in Narkose ausführbar und daher Sache des Arztes. Der Nothelfer wird eine Verrenkung in vielen Fällen gar nicht feststellen können. Er beschränkt sich bis zur Ankunft des Arztes darauf, die Schmerzen zu lindern und die Bildung einer starken Schwellung, die das Einrenken erschwert, zu bekämpfen. Beides wird durch passende Lagerung und kühle Umschläge erreicht. Man legt zwei entsprechend große Kompressen oder Leinwandtücher in kaltes Wasser und nach leichtem Auswringen im Wechsel auf die verletzte Stelle. Diese Art der Kühlung leistet genügende Dienste. Auflegen von Eis kann auch schädlich wirken und ist daher zu unterlassen. Wohl aber kann man Eisstücke zur Kühlerhaltung in das Wasser legen.

Auch Verstauchungen und Quetschungen nach Fall oder Umknicken, Sehnenscheideentzündungen nach Überanstrengungen und Muskelzerrungen oder Muskelzerreißungen nach starker Anstrengung, plötzlichen Rucken bei Schwungübungen, Schnellauf, Sprüngen, Stoßübungen oder Würfen der verschiedensten Art erfordern zuerst kühle Umschläge. Später, nach dem Schwinden der ersten starken Entzündung, wird der Arzt vielleicht zur weiteren Heilung einen feuchten Verband anordnen.

C. Der feuchte Verband.

Der feuchte Verband ist nichts anderes als der weiter ausgebildete alte „Hals- oder Brustumschlag". Er hat den Zweck, an die verletzte oder erkrankte Körperstelle durch Erzeugen von feuchter Wärme Blut zu ziehen, wodurch die eigentliche Heilung erfolgt. Ein Leinwandtuch oder mehrere Lagen Mull oder auch Watte werden in stubenwarmes Wasser getaucht, ausgedrückt und auf den kranken oder verletzten Körperteil in weiter Ausdehnung gelegt. Darüber kommt, um das Wasser am Verdunsten zu verhindern, wasserdichter Verbandstoff (am besten Mosetig-Batist), der auf allen Seiten mehrere Zentimeter über die Ränder der feuchten Auflage hinausragen muß. Das Ganze wird dann mit einem wollenen Tuch oder mit einer oder mehreren Flanellbinden umwickelt, um die nötige Wärme zurückzuhalten. Dabei dient also die Flanellbinde nicht nur der Befestigung des Verbandes, sondern auch der Erwärmung, muß also im Gegensatz zu Binden, die nur der Befestigung dienen, den Verband in

dicker Lage umgeben. Sie wird die Wärme um so besser zurückhalten, je weniger straff sie angezogen ist. Der feuchte Verband wird mit Vorteil am Abend angelegt und kann bis zum nächsten Morgen liegen bleiben, wo er bei richtiger Ausführung noch feucht sein muß. Der betreffende Körperteil soll nach der Abnahme des feuchten Verbandes mit stubenwarmem Wasser abgewaschen und trocken gerieben werden.

Da der feuchte Verband bei den erwähnten Verletzungen und bei Hals- und Lungenkatarrhen oft längere Zeit hindurch täglich wiederholt werden muß, so wird er am besten mit einfachem Wasser ohne Zusatz angefeuchtet, um die Haut nicht unnütz anzugreifen.

Der Arzt verordnet den feuchten Verband auch noch zur Erweichung von Furunkeln oder zum Abstoßen von abgestorbenem Gewebe bei Eiterungen. Dann nimmt man zum Befeuchten an Stelle von einfachem Wasser $^1/_2$—1 $^0/_0$ige essigsaure Tonerde (1—2 Eßlöffel käufliche essigsaure Tonerdenlösung auf $^1/_4$ l Wasser) oder, nur nach Anordnung des Arztes, 85 $^0/_0$igen Alkohol.

3. Das Anlegen von Binden und Verbandtüchern.

Die Binde dient, wie schon erwähnt, zur Befestigung des eigentlichen Verbandes (bei feuchtem Verband auch zum Festhalten der Wärme). Die Binden bestehen aus Flanell (für feuchte Verbände), Mull oder Kambrik, sind 5 m lang und 2—12 cm breit. Man legt die Binde als Spiralbinde oder als Kreuzbinde an. Die Spiralbinde wird nach zwei oder drei kreisförmigen Gängen in einer Richtung spiralig um den Körperteil gelegt, so daß jeder Gang den vorhergehenden etwa zur Hälfte bedeckt. In dieser Art werden die einzelnen Glieder der Gliedmaßen eingewickelt (Abb. 201), während die Gelenke durch die Kreuzbinde bedeckt werden. Man unterscheidet zwei Arten von Kreuzbinden, den Schildkrötenverband (Abb. 202 a u. b) und den Kornährenverband (Abb. 203 u. 204). Bei beiden kreuzen sich immer zwei Gänge der Binde in ihrer Richtung.



Abb. 201. Befestigung eines Verbandes für die ganze linke obere Gliedmaße durch Spiralbinde (mit Umschlagen einzelner Gänge) und durch Kreuzbinde (Kornährenverband an der Schulter). (Nach Tillmanns.)

Eine Binde darf nicht drücken und soll daher so locker angelegt werden, wie es die Haltbarkeit des Verbandes gestattet. Das ist nur möglich, wenn die Bindenrolle stets unmittelbar auf dem betreffenden Körperteil entlang rollt, ohne daß man an der Binde zieht. Dabei ergeben sich bei der Spiralbinde sofort Schwierigkeiten durch das Umschlagen (Abb. 205) einzelner Gänge, die an Stellen, wo das Glied stärker oder schwächer wird, ohne Umschlag teilweise hohl liegen würden und Falten geben müßten. Um die Schwierigkeit zu vermeiden, verzichte man lieber auf das schöne Aussehen eines gleichmäßigen Umschlages in jedem Gang, schlage nur um, wo es nötig ist, und lasse jedesmal bald einen zweiten Umschlag folgen, um die Binde wieder rollgerecht zu bekommen. Der Anfänger muß sich zwar bei der Übung des Umschlagens an die bestimmten Stellen halten, der Geübte schlägt um, wo es ihm das Gefühl eingibt. Auch bei Kreuz-

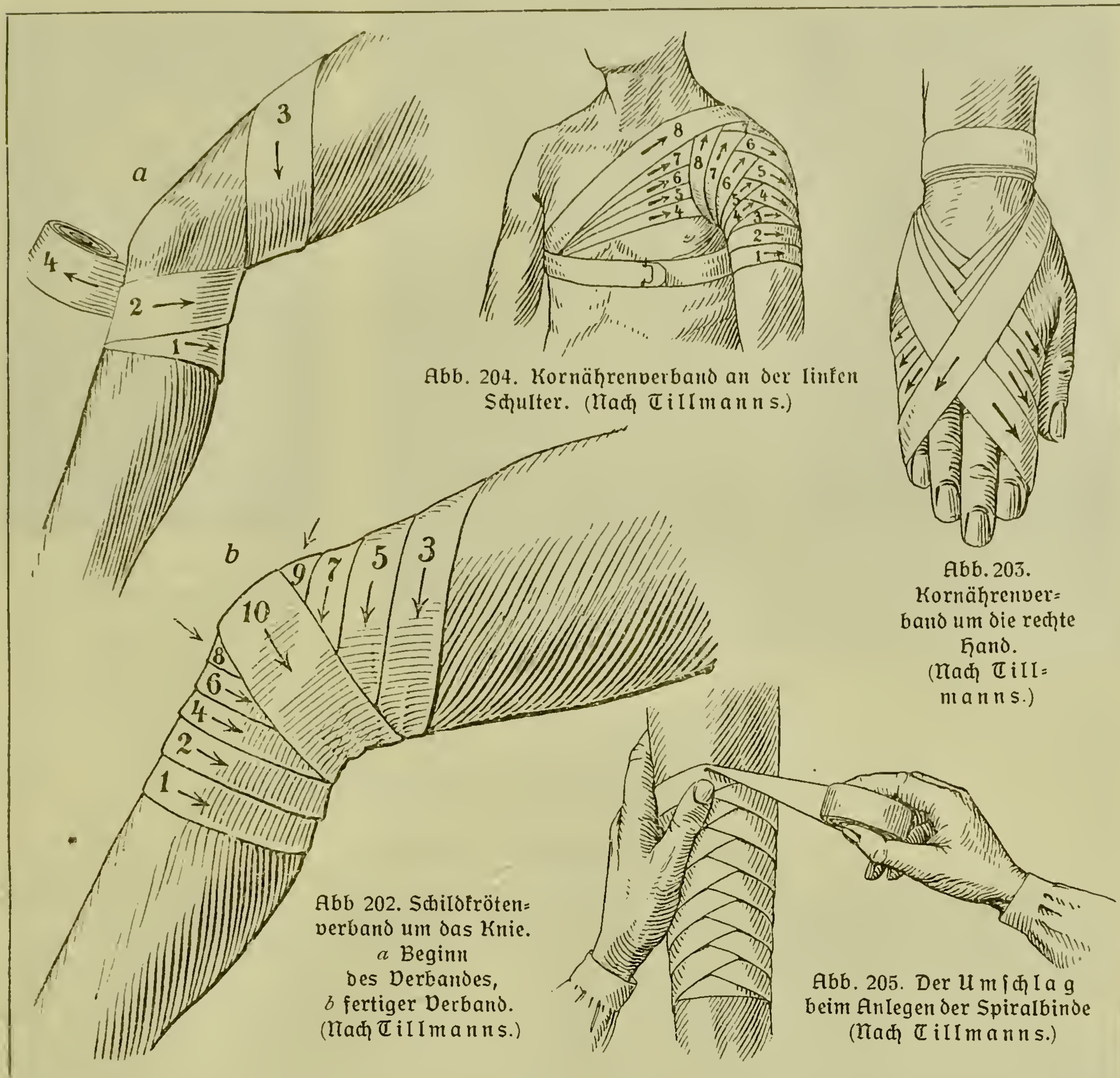


Abb. 204. Kornährenverband an der linken Schulter. (Nach Tillmanns.)

Abb. 203. Kornährenverband um die rechte Hand. (Nach Tillmanns.)

Abb 202. Schildkrötenverband um das Knie. *a* Beginn des Verbandes, *b* fertiger Verband. (Nach Tillmanns.)

Abb. 205. Der Umschlag beim Anlegen der Spiralbinde (Nach Tillmanns.)

binden, die keinen Umschlag erfordern, gehört viel Übung zum leichten Abrollen der Binden. Wer darin die richtige Fingerfertigkeit erlangt hat, wird die lockersten Verbände anlegen, die nicht drücken und doch halten, was besonders bei Kopfverbänden, zur Vermeidung von Kopfschmerzen, von der größten Wichtigkeit ist. Daher ist ein lockerer Kreuzverband am Kopf einem Mützenverband (Abb. 206) vorzuziehen, bei dem der Befestigungsgang immer etwas drücken muß.

Jeder Verband an den Gliedmaßen beginne an der vom Rumpf entferntesten Stelle, die verbunden werden soll, und schreite mit Spiral- und Kreuzgängen in der Richtung zum Herzen fort. Das Ende der Binde wird mit einer Sicherheitsnadel befestigt, die aber keinen Druck verursachen darf (durch Lage über einer verletzten Stelle oder über einer Stelle, auf der der Kranke liegt). In Ermangelung einer Nadel schneide oder reiße man das Ende der Binde 20 — 25 cm weit der Länge nach ein, schütze die Binde durch einen Knoten vor dem Weiterreißen und knüpfe beide Enden fest.

Die wichtigste Verwendung des dreieckigen Verbandtuches ist die Mitella


Abb. 206. Mützenverband.

(Abb. 198) und der Kopfverband (Abb. 207). Man kann das Tuch auch längs zusammenlegen und wie eine kurze Binde zum Befestigen von Schienen verwenden.

Das Anlegen der Binden und Verbandtücher kann nicht nach einer Beschreibung, sondern nur an der Hand von Abbildungen (die Tuchverbände sind auf den Esmarchschen Tüchern abgedruckt) oder im Unterricht durch Übung erlernt werden.


Abb. 207. Kopfverband mit dem dreieckigen Verbandtuch.

Zweiter Abschnitt.

Hilfeleistung bei Scheintod und verschiedenartigen Unglücksfällen.

1. Die künstliche Atmung.

Der Scheintod ist gekennzeichnet durch völlige Bewußtlosigkeit, Aufhören der Atembewegungen und scheinbaren Herzstillstand. Das beste Mittel, um die Atembewegungen und mittelbar die Herztätigkeit wieder in Gang zu bringen, ist die künstliche Atmung.

Es gibt drei Arten künstlicher Atmung, a) die Silvestersche Methode, b) die Howardsche Methode und c) die Schäfersche Methode. Der Scheintote wird bei den beiden ersten Methoden auf den Rücken gelegt, wobei man eine aus zusammengerollten Kleidungsstücken bestehende, weiche Rolle unter die Lendengegend schiebt, so daß die obere Bauchgegend am höchsten liegt.

Vorher ziehe man die Zunge aus dem Munde heraus, damit der Kehldeckel bei der künstlichen Atmung nicht zurückfallen und die Luftröhre verschließen kann. Häufig muß der Mund zu dem Zwecke künstlich geöffnet werden, da die Kiefer fest aufeinander beißen. Man lege die Daumen von hinten her hinter die beiden Unterkieferäste des etwas aufgerichteten Scheintoten und umgreife mit den übrigen Fingern beider Hände das Kinn. Dann drehe man die Hände nach vorn unten, wobei sich der Unterkiefer stets öffnet. (Abb. 208.) Der Griff ist zu zeigen und mit Vorsicht zu üben. Nun ziehe man die Zunge mit einem Tuch, das ein Abgleiten der Finger verhindert, heraus und lasse sie durch eine Hilfsperson während der künstlichen Atmung halten oder binde sie mit einem Tuch am Kinn oder sicherer über den Zähnen des Unterkiefers fest. Künstliche Zähne sind aus dem Mund herauszunehmen.

a) **Künstliche Atmung durch Bewegen der Arme (Silvestersche Methode).** Man kniet (oft ist es bequem, einen Fuß dabei aufzustellen) zu Häupten des Scheintoten,


Abb. 208. Griff zur künstlichen Öffnung des festgeschlossenen Mundes.

fasse beide Arme am Ellenbogen und führe sie langsam bis über den Kopf — Einatmung. (Abb. 209.) Dann führe man die Arme nach einer kurzen Pause wieder zurück und drücke sie auf den unteren Teil des Brustkorbes — Ausatmung. (Abb. 210.) Nach kurzer Pause folgt wieder die Einatmung, die mit einem plötzlichen Aufhören des Druckes beginnt, um die Elastizität der Rippenknorpel wirken zu lassen. Das richtige Zeitmaß der Bewegungen hält man am besten durch lautes Zählen ein. Man zähle während des Druckes auf den Brustkorb laut 1, 2, 3, beim plötzlichen Fortheben der Arme scharf 1 und dann während der Pause bei hochgehobenen Armen langsam 2, 3 weiter. Es empfiehlt sich, stets laut zu zählen, weil man sonst in der Aufregung leicht zu hastig wird. Es ist von Vorteil, wenn während der ganzen Zeit eine Hilfsperson die Beine des Scheintoten festhält.

b) **Künstliche Atmung durch Zusammenpressen des Brustkorbes (Methode von Howard).** Der Nothelfer kniet mit gespreizten Beinen in der Gegend der Oberschenkelmitte über dem Scheintoten, wobei er ihm das Gesicht zukehrt. Dann legt er beide Hände, flach ausgebreitet, zu beiden Seiten auf die Gegend der 5.—10. Rippe und drückt den unteren Teil des Brustkorbes langsam und kräftig zusammen. Dabei nimmt er seine Ellenbogen an die Hüften, beugt sich vornüber und verstärkt somit den Druck durch das eigene Körpergewicht — Ausatmung (Abb. 211). Während der nun folgenden Pause zählt er wie oben laut bis 3. Dann nimmt er auf 1 die Hände plötzlich fort, was hier noch wichtiger als bei der ersten Art der künstlichen Atmung ist — Einatmung —, zählt langsam weiter 2, 3 und drückt von neuem den Brustkorb zusammen. Der Nothelfer darf sich dabei nicht etwa plötzlich mit seinem Körpergewicht auf den Scheintoten fallen lassen, wie vielfach geraten wird. Denn eine plötzliche Ausatmung entspricht nicht dem natürlichen Zeitmaß, und das Auffallen kann den Verunglückten schädigen.

c) **Künstliche Atmung durch Zusammenpressen in Bauchlage (Schäfersche Methode).** Der Scheintote liegt auf dem Bauch, die im Ellenbogen gebeugten Arme seitwärts gelagert, den Kopf seitlich gedreht. Der Nothelfer kniet wie bei der vorigen Art über dem Verunglückten und legt die Hände in Höhe der fünf unteren Rippen vom Rücken her seitlich an den Brustkorb, um in gleicher Weise und gleichem Zeitmaß wie bei der vorigen Art abwechselnd zu drücken und nachzulassen (Abb. 212).



Abb. 209. Silvestersche Methode der künstlichen Atmung. Einatmung.



Abb. 210. Silvestersche Methode der künstlichen Atmung. Ausatmung.



Abb. 211. Howardsche Methode der künstlichen Atmung. Ausatmung.

Diese Methode nach Schäfer soll den Vorteil haben, daß die Zunge durch ihre eigene Schwere von selbst nach vorn fällt und daß bei Scheintod durch Ertrinken noch während des Ausatmens Wasser und Schmutz abfließen kann. Sie hat aber den Nachteil unvollkommener Einatmung, da die Elastizität der Rippen noch das Körpergewicht des Verunglückten überwinden muß.

Man beherrscht am besten mehrere Methoden, da nicht alle in jedem Falle an-



Abb. 212. Schäfersche Methode der künstlichen Atmung. Einatmung.

wendbar sind. So verbieten sich die beiden letzten Methoden bei gewissen Verletzungen des Brustkorbes, die Silvestersche Methode etwa bei Armbruch.

Die künstliche Atmung ist so lange fortzusetzen, bis der Scheintote wieder von selbst tief atmet. Im Beginn selbsttätiger Atembewegungen muß man das Zeitmaß der künstlichen Atmung der Folge der beginnenden Atemzüge anpassen. Bleibt der Erfolg aus, so muß, falls der Arzt den Tod nicht vorher feststellt, die künstliche Atmung 3—4 Stunden fortgesetzt werden, da das Leben noch nach mehrstündiger künstlicher Atmung wiedergekehrt ist. Die künstliche Atmung ist eine anstrengende Tätigkeit für den Nothelfer. Er wird daher, wenn möglich, einen vorübergehenden Menschen nach Ablösung schicken. Die Benachrichtigung eines Arztes bei der ersten Gelegenheit ist selbstverständlich.

2. Scheintod durch verschiedene Ursachen.

In allen Fällen ist sobald als möglich der Arzt zu benachrichtigen.

A. Scheintod durch Ertrinken.

Das Rettungsverfahren zum Herausholen des Verunglückten aus dem Wasser wird beim Schwimmunterricht besprochen und geübt. In der Ersten Hilfe handelt es sich um die Maßnahmen, den am Ufer liegenden Scheintoten wieder ins Leben zurückzurufen. Ist der Verunglückte bekleidet, so entblöße man auf jeden Fall den Oberkörper und löse einen festen Hosen- oder Rockbund. Bei kühlem Wetter entkleide man den Verunglückten völlig und bedecke ihn mit Decken oder trockenen (auch eigenen) Kleidungsstücken, damit er nicht durch Verdunsten des Wassers seiner nassen Kleider zuviel Wärme verliert. Dann lege man den Scheintoten auf den Bauch, hebe ihn in der Bauchgegend etwas an oder hebe ihn auf das gebeugte linke Knie und drücke mit beiden flach aufgelegten Händen seine Flanken, um das Wasser aus den Luftwegen zu entfernen. (Nicht etwa den Verunglückten auf den Kopf stellen!) Nun reinige man Mund, Nase und Rachen von etwa noch zurückgebliebenem Schmutz, nachdem man den Verunglückten wieder auf den Rücken gedreht hat. Die Nase wischt man durch ein mit Mull oder einem Taschentuchzipfel umwickeltes Holzstäbchen, den Mund mit dem umwickelten Zeigefinger aus. Dabei muß aber der Zeigefinger geschützt werden, da der Scheintote den Mund oft unwillkürlich plötzlich fest schließt und den Finger dabei bis auf den Knochen durchbeißen kann. Am besten schiebt man ihm ein genügend dickes Stück Holz zwischen die Backzähne der einen Seite. Der etwa fest geschlossene Mund wird auf die Seite 348 beschriebene Art geöffnet. Doch verliere man mit den Vorbereitungen nicht zu lange kostbare Zeit, sondern beginne sobald wie möglich mit der künstlichen Atmung (S. 348 und 349).

Bei Scheintod durch Ertrinken ist immer an die Erwärmung des Verunglückten zu denken, übrigens auch in den Fällen, wo es nicht bis zum wirklichen Scheintod oder wirklicher Bewußtlosigkeit gekommen ist. Das Erwärmen geschieht durch Reiben des ganzen (entkleideten) Körpers mit Decken durch einen zweiten Helfer. Auch übt das zeitweise Beklopfen oder Reiben der Herzgegend durch einen zweiten Helfer, der aber die künstliche Atmung nicht stören darf, einen nützlichen Reiz auf die Herztätigkeit aus. Die verschiedenen Sauerstoffapparate können hier nicht besprochen werden.

Ist der Verunglückte wieder bei Bewußtsein, so wird ihm mit Vorteil warmer Tee oder Kaffee eingeflößt.

B. Hitzschlag, Sonnenstich und Ohnmacht.

Die Entstehung des Hitzschlages ist bereits Seite 265 erklärt. Der Hitzschlag ist danach eine Allgemeinerkrankung, die nur durch die Einwirkung der im Körper angestauten Wärme auf die lebenswichtigen Organe, Herz, Gehirn, verlängertes Rückenmark, gefährlich wird. Die Kranken sehen meist rot aus.

Im Mittelpunkt der Behandlung steht ebenfalls die künstliche Atmung. Der Kranke wird dazu an einen möglichst schattigen, kühlen Ort geschafft, von allen drückenden Kleidungsstücken befreit und mit dem Oberkörper etwas erhöht gelagert. Neben der künstlichen Atmung kommen Hautreize (Bespritzen mit kaltem Wasser, Bürsten der Fußsohlen) und Riechreize (Riechen an Essigsäure oder Salmiak) in Anwendung, nach zurückgekehrtem Bewußtsein starker Kaffee, Tee, Hoffmannstropfen. Ferner muß man versuchen, die Körperwärme herabzusetzen durch Begießen mit kaltem Wasser oder Zufächeln von kühler Luft vermittels großer Tücher. Man dulde vor allen Dingen nicht, daß sich neugierige Zuschauer um den Kranken herumstellen und damit jeden Luftzug absperren.

Im Gegensatz zum Hitzschlag ist der Sonnenstich eine örtliche Erkrankung und besteht in Einwirkung der Sonnenstrahlen auf das Gehirn, im besonderen das verlängerte Rückenmark. Der Sonnenstich wird meist in Verbindung mit Hitzschlag auftreten, während der Hitzschlag sehr häufig ohne Sonnenstich vorkommen kann. Die Behandlung entspricht der Behandlung des Hitzschlages.

Die Ohnmacht besteht in Blutleere des Gehirns und wird durch schwache Herztätigkeit infolge von Überanstrengung, schwächenden Genüssen oder Mangel an Schlaf und Nahrung verursacht, Schädigungen, die natürlich auch die Widerstandsfähigkeit gegen Hitzschlag herabsetzen. Das Gesicht der Ohnmächtigen ist blaß. Der Kranke wird mit dem Oberkörper tief gelagert, was in leichten Fällen schon Erholung bringt. Danach können verschiedene Reizmittel, Tee, Kaffee angewandt werden. Wenn nötig, muß von vornherein die künstliche Atmung eingeleitet werden, auch ist gegebenenfalls für Erwärmung zu sorgen.

C. Sonstige Arten von Scheintod.

a) **Erhängte** sind natürlich so schnell wie möglich abzuschneiden, wobei Vorkehrungen getroffen werden müssen, daß sie nicht zur Erde stürzen. Man darf in der Aufregung nicht vergessen, den Strick zu lösen. Die Behandlung besteht vornehmlich in künstlicher Atmung.

b) Der **Erfrorene** muß gewissermaßen aufgetaut werden, was aber nur ganz allmählich geschehen darf. Daher ist er nicht sofort in ein warmes Zimmer, sondern in einen ganz kühlen Raum zu schaffen. Der Transport sei nicht zu weit und geschehe mit Vorsicht, da die gefrorenen Glieder leicht brechen. Dann bedecke man den Scheintoten mit Schnee oder lege ihn in eine Wanne mit kaltem Wasser und reibe den ganzen Körper. Erst wenn die Erstarrung nachgelassen hat, kann man ihn in kühlem Zimmer auf ein Bett lagern und mit wollenen Tüchern reiben. Sobald das Bewußtsein zurückkehrt, flößt man Tee oder Kaffee, mit Rum vermischt, ein.

c) Ist jemand vom **Blitz** oder von **elektrischer Starkleitung** getroffen, so müssen die Kleider wie bei Brandwunden abgeschnitten und angeklebte Teile mit Öl abgeweicht

werden. Dann bedecke man den Verunglückten mit warmen Tüchern und nehme nötigenfalls künstliche Atmung vor. Später flöße man Tee und Kaffee ein. Die Wunden erhalten einen Verband wie die Brandwunden.

d) Menschen, die durch **Gase** (Kohlenoxyd- oder Leuchtgas) betäubt sind, müssen aus dem Raum herausgeschafft werden. Zuerst öffne man Türen und Fenster (bei Bränden Vorsicht wegen der Stichflamme!) und hüte sich, den Raum mit Licht zu betreten. Nötigenfalls müssen die Fenster eingeschlagen werden. Sich selbst schütze man beim Eindringen durch ein vor Nase und Mund gebundenes Tuch, das mit Essigwasser getränkt ist. Die Wiederbelebung des Scheintoten geschieht durch künstliche Atmung und andere der genannten Wiederbelebungsmittel. Will man eine Person aus einem Brunnen oder Schacht, der mit giftigen Gasen gefüllt ist, herausholen, so binde man sich ein Tuch, das mit Essig oder Kalkwasser getränkt ist, vor Mund und Nase, nehme ein Seil um die Brust und binde sich eine Schnur um die Hand, um den obenstehenden Personen Zeichen geben zu können, wenn man sofort mit dem Rettungsseil nach oben gezogen werden will.

e) Bei der Ausgrabung **Verschütteter** gehe man vorsichtig ans Werk, um nicht durch Herabstürzen neuer Massen das Unglück zu verschlimmern. Nach der Bergung der Verunglückten reinige man ihnen Mund und Nase von Schmutz und beginne die künstliche Atmung. Verletzungen versorge man nach Beseitigung der Lebensgefahr.

3. Hilfeleistung bei sonstigen Unfällen.

a) **Gehirnerschütterung.** Selbstverständlich gehört eine Person, die bei Fall oder Schlag auf den Kopf bewußtlos wird, in ärztliche Behandlung. Weitere Zeichen einer Gehirnerschütterung sind Erbrechen und verlangsamter Puls. Ebenso sollen sich Personen mit ganz leichter Gehirnerschütterung in ärztliche Behandlung begeben. Erbrechen fehlt in solchen Fällen ganz, auch wollen die Personen nicht bewußtlos gewesen sein. Fragt man aber genauer nach, so war der Betreffende doch einen Augenblick nicht ganz bei sich. Auch dann ist strengste Bettruhe und Langeweile ohne Lesen oder Unterhaltung für drei bis sieben Tage unbedingte Notwendigkeit. Zuerst fehlen oft jegliche Beschwerden oder werden wenigstens nicht beachtet. Erst nach einigen Tagen stellen sich leichter Kopfschmerz, Abgespanntheit oder Nervosität ein, die allmählich zunehmen und Nervenschwäche zurücklassen. Das wird durch mehrtägige Bettruhe sicher vermieden. Falsche Energie ist hier nicht angebracht. Man spanne lieber gleich einige Tage als später mehrere Wochen oder Monate aus.

b) **Wurf, Fall oder Stoß gegen den Leib** bedürfen ebenfalls häufig der ärztlichen Behandlung. Zerreißungen von Eingeweiden sind zwar verhältnismäßig selten, kommen aber bei Trübung des Bewußtseins, großer Bläße, schwachem, langsamem Puls oder Schmerzen im Leib in Betracht. Doch können diese Erscheinungen auch Zeichen starker, nervöser Erschütterung sein, die ebenfalls ärztliche Behandlung erfordert. Man lege den Verletzten wagerecht hin und flöße ihm, wenn er bei Bewußtsein ist, Hoffmannstropfen oder starken Kaffee ein. Ein Transport ist zunächst zu vermeiden.

c) Bei **Krämpfen** lege man den Kranken so, daß er sich beim Umherwerfen nicht verletzen kann, und warte ruhig ab, bis er zum Bewußtsein kommt. Dann gebe man ihm Wasser und sorge für Ruhe. Neugierige Zuschauer halte man fern.

d) **Unterleibsbrüche** treten gelegentlich bei starker Pressung (Gewichtstemmen, Ringen), anstrengenden Sprüngen oder heftigen Hustenstößen erstmalig (s. S. 88) als runde Anschwellung in der Leistengegend oder dicht darunter unter starken Schmerzen hervor. Die ersten Maßnahmen bestehen in strenger Ruhe bei Rückenlage und angezogenen Beinen und kühlen Umschlägen. Die Gefahr des Einklemmens des Bruches erfordert eilige ärztliche Hilfe.

e) Ein **Ballwurf** oder **Stoß ins Auge** ist auch ohne offene Wunde ernst zu nehmen. Die Netzhaut, die innere Auskleidung des Augapfels und Ausbreitung des Sehnerven, kann sich durch den plötzlichen Anprall teilweise ablösen was leicht weiter fortschreitet. Auch können Blutungen in den Glaskörper hinein stattfinden. Man gehe daher bei der geringsten Beeinträchtigung der Sehkraft zum Augenarzt. Um das weitere Fortschreiten der Ablösung zu verhindern, lege man vorher einen Druckverband auf, der durch mittelbare Erhöhung des inneren Druckes die Netzhaut andrückt und auch bei Blutungen im Glaskörper nützlich ist. Man lasse das Auge schließen und lege zusammengedrückte Watte auf, die man mit einer straffen Binde befestigt. Bei einer offenen Wunde gehört darunter natürlich Mull. Die Watte muß reichlich genommen werden, damit nicht die Augenhöhlenränder den Druck der Binde abfangen.

f) Häufig gelangen **Fremdkörper ins Auge** (Kohle, Staub, Insekten). Man entfernt Fremdkörper unter dem unteren Augenlid durch leichtes Herunterziehen und Auswischen mit einem reinen Tuch. Das obere Augenlid muß nach oben umgeschlagen werden, ein Handgriff, den nur geschickte Nothelfer nach Vormachen und Üben lernen, und der daher nicht beschrieben wird. Oft genügt es auch, nach Anheben einer Falte des oberen Augenlides den Blick nach unten zu wenden. Scharfkantige Fremdkörper (Eisensplitter, Schlacketeilchen) sitzen ziemlich fest und lassen sich oft schwer abwischen. Von der Hornhaut müssen sie sobald als möglich durch den Arzt entfernt werden.

g) Ein großer **Bissen**, der im Schlunde steckengeblieben ist, läßt sich häufig durch Klopfen zwischen den Schulterblättern entfernen. Man kann auch versuchen, den Bissen zu fassen oder mit dem Zeigefinger dreist in die Speiseröhre hinabzustoßen. Eine Gräte oder ein fester Gegenstand erfordert meist ärztliche Hilfe.

h) **Vergiftungen** können nicht näher besprochen werden, da jede Vergiftung eine besondere Behandlung nötig macht. Vergiftungen mit giftigen Pflanzen oder Pilzen verlangen die schleunige Entfernung des Giftes aus dem Körper durch Erbrechen. Man kann dies durch Kitzeln des Gaumens und Trinkenlassen von Salzwasser oder Seifenwasser hervorrufen. Später gebe man warme Milch, wenn nötig starken Kaffee oder Hoffmannstropfen zur Anregung der Herztätigkeit. In jedem Fall rufe man sobald als möglich einen Arzt. Alkoholvergiftete bedürfen der Überwachung, da sie häufig erbrechen und die erbrochenen Massen in die Luftröhre einsaugen. Man lagere daher den Kopf Betrunkener auf die Seite. Oft sind Reizmittel für das Herz (starker Kaffee) oder ärztliche Hilfe nötig.

i) Bei **Magen- und Darmbeschwerden** auf Wanderfahrten erwärme man den Leib durch wollene Tücher oder Wärmflasche. Die Nahrung beschränke sich auf warmen Tee oder Schleimsuppen. Abführen durch Rizinusöl (in Bier verrührt, völlig geschmacklos) ist auch bei bestehendem Durchfall meist anzuraten. Bei Verdacht auf Genuß verdorbener Nahrungsmittel rufe man Erbrechen hervor (s. unter h).

k) Bei **Durchnässung** bleibe man in lebhafter Bewegung, bis man nach Hause oder ins Quartier kommt. Dort wechsele man sofort die Kleidung, einschließlich Schuhe und Strümpfe, um eine Erkältung zu vermeiden.

l) **Wundlaufen** (auch Wundreiten) erfordert längeres und wiederholtes Hineinhalten des betreffenden Körperteiles in kühles Wasser, danach dickes Auftragen eines festen, talgartigen Fettes oder Bekleben mit Zinkpflastermull. Etwaige Blasen steche man vorher mit einer ausgeglühten und wieder erkalteten Nadel auf.

m) Bei **Sonnenbrand** hilft häufig Bestreichen der entzündeten Hautstellen mit Lanolin oder sogenannter Gletschersalbe.

n) Bei **Biß von tollwütigen Tieren oder Schlangen** binde man das Glied so schnell als möglich oberhalb der Bißstelle mit einer Gummibinde (Hosenträger) oder einem Tuch fest ab. Dann kann man die Wunde mit einem Schröpfkopf aussaugen. Dazu eignet sich jedes Schnapsgläschen oder jeder kleine metallene Becher, den man einige Sekunden über eine Flamme, z. B. ein Streichholz, hält (wodurch die Innenluft verdünnt wird) und dann schnell über die Bißstelle schiebt. Auf keinen Fall sauge man, wie öfter geraten wird, die Wunde selbst aus, da sich am Munde stets kleine, nicht bemerkte Wunden befinden können. Danach oder an Stelle des Aussaugens wasche man die Wunde gründlich mit Wasser und Schmierseife oder mit Salmiakgeist aus. Auch kann man die Wunde ausbrennen, was natürlich heftige Schmerzen verursacht. Das Ausbrennen geschieht durch dreistes Aufdrücken der brennenden Zigarre, die immer wieder durch neue Züge in lebhaften Brand versetzt wird. Menschen, die von tollwütigen Tieren gebissen sind, müssen nach dieser Behandlung sofort zur nächsten Bahnstation und weiter nach Berlin N. 39, Föhrer Straße 2-5, oder nach Breslau, Hygienisches Institut fahren, um sich impfen zu lassen. Das ist die einzige Möglichkeit einer Rettung. Der Nothelfer soll weiter die Polizei benachrichtigen. Bei Schlangenbiß reiche man nach der örtlichen Behandlung Branntwein bis zur Trunkenheit und rufe durch körperliche Anstrengung (längeres Laufen) starkes Schwitzen hervor. Natürlich ist in beiden Fällen möglichst ärztliche Hilfe zu besorgen. Die Abschnürung darf nicht zu lange liegen bleiben.

o) **Insektenstiche** werden am besten sofort reichlich mit Salmiakgeist, den man auf Wanderungen stets bei sich führen sollte, bestrichen.

p) Bei **Nasenbluten** stopfe man die Nase mit Watte aus. Das Blut kann aber auch nach hinten durch die Choanen in den Rachen abfließen und verschluckt werden. Dann ist ärztliche Hilfe zu besorgen. Oft steht das Blut durch plötzliche Berührung im Nacken mit einem kalten Gegenstand, z. B. Schlüssel.

Dritter Abschnitt.

Der Transport Verwundeter und Kranker.

Verwundete werden am schonendsten auf der Trage transportiert. Die Trage kann bei weiteren Entfernungen in einen Krankentransportwagen geschoben oder, wo derartige Einrichtungen nicht vorhanden sind, auf einen Leiterwagen gestellt werden. Der Leiterwagen erhält zwischen den Leitern Verschnürungen, auf denen die Trage ruht, so daß die Stöße beim Fahren abgeschwächt werden. Auch ein Schutzdach aus einer Plane läßt sich anbringen. Diese Behelfswagen sind von praktischen Menschen leicht herzustellen.

1. Das Aufheben Verwundeter.

Der Kranke wird am besten von drei oder vier Personen auf die Trage gehoben. Die drei Personen treten auf einer Seite des Verletzten an, und zwar bei einseitig Verletzten auf der gesunden Seite (also bei Bruch des rechten Beines auf der linken Seite). Nr. 1 steht am Kopf, Nr. 2 am Gesäß, Nr. 3 an den Füßen. (Abb. 213.) Dabei kommen mit Vorteil Kommandos, entsprechend der militärischen Krankenträgerordnung, in Anwendung, wobei Nr. 1 das Kommando hat. Die Trage wird am besten in die Verlängerung unmittelbar zu Häupten oder zu Füßen des Verletzten gestellt, bei Platzmangel auch an die verletzte Seite. Auf „Angetreten" treten die drei Nothelfer in der beschriebenen Weise, sagen wir, an die linke Seite des Verletzten. Auf „Faßt — an" führt Nr. 1 den linken Arm unter dem Rücken des Verletzten hindurch, bis die Hand in der rechten Achselhöhle des Verletzten liegt, während er mit dem rechten Arme den Verwundeten von oben her umgreift, so daß die rechte Hand ebenfalls in der Gegend der rechten Achsel anfaßt. Dabei kann der Kopf des Verletzten an dem rechten Arm und der Brust des Nothelfers ruhen. Wenn der Verletzte dazu imstande ist, schlingt er den linken Arm um den Nacken von Nr. 1. Dann kann dieser beide Unterarme unter der Brust hindurchführen und Nr. 2 beim Heben der Körperlast besser unterstützen. Nr. 2 führt beide Unterarme, den einen oberhalb, den anderen unterhalb des Gesäßes, unter dem Verwundeten hindurch, so weit, daß man seine Hände auf der anderen Seite ergreifen kann, Nr. 3 in gleicher Weise beide Unterarme unter den Beinen, oberhalb und unterhalb der Kniegelenke. Ist das rechte Bein gebrochen oder anderwärts derart verletzt, daß es besonders gestützt werden muß, so führt Nr. 3 nur den rechten Unterarm unter dem Bein des Verletzten hindurch, während er mit der linken Hand das verletzte rechte Bein von oben her stützt. Nachdem alle richtig zu-

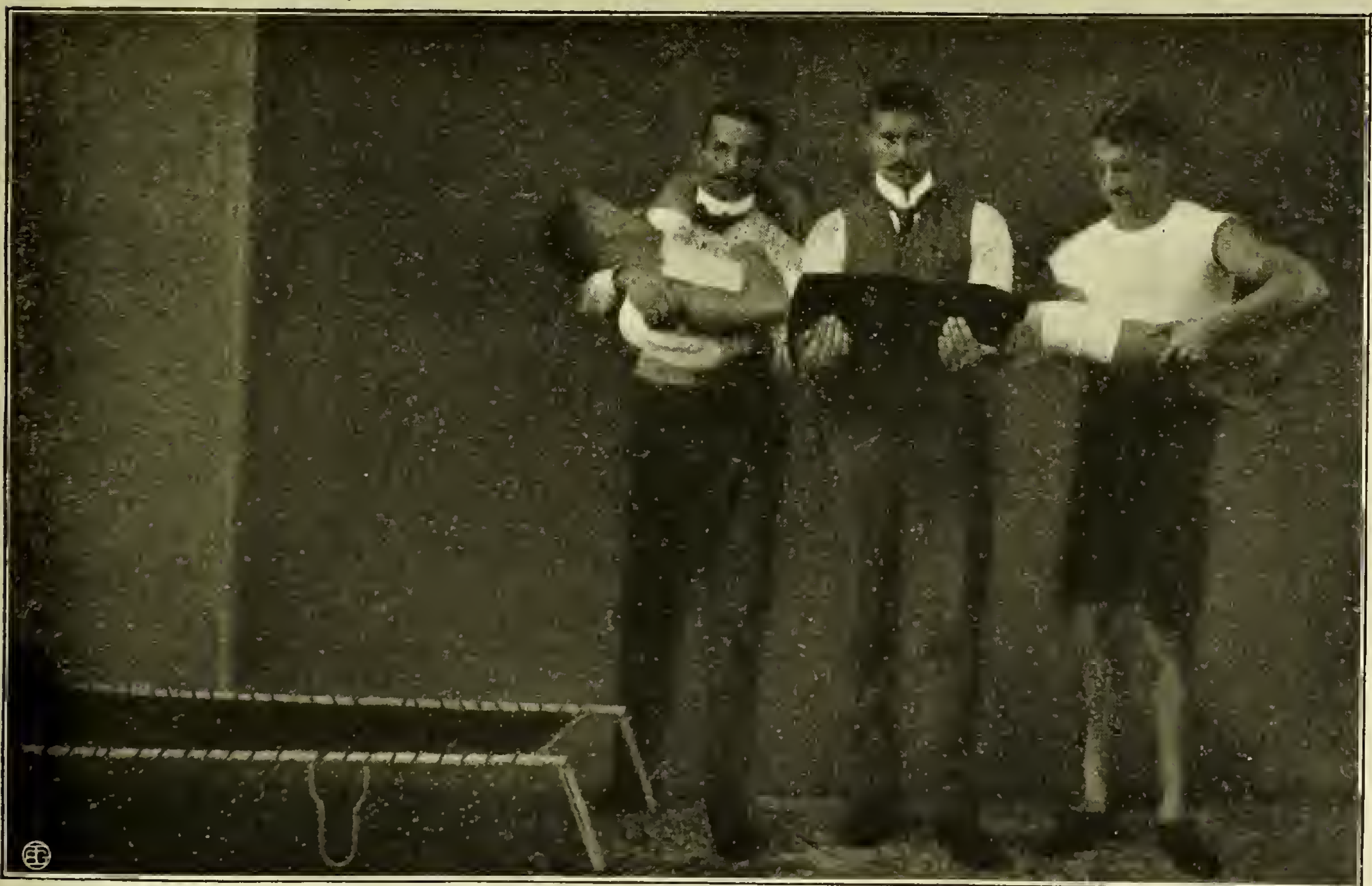


Abb. 213. Heben eines Verwundeten (Verletzung des rechten Beines) auf die Trage durch 3 Nothelfer.

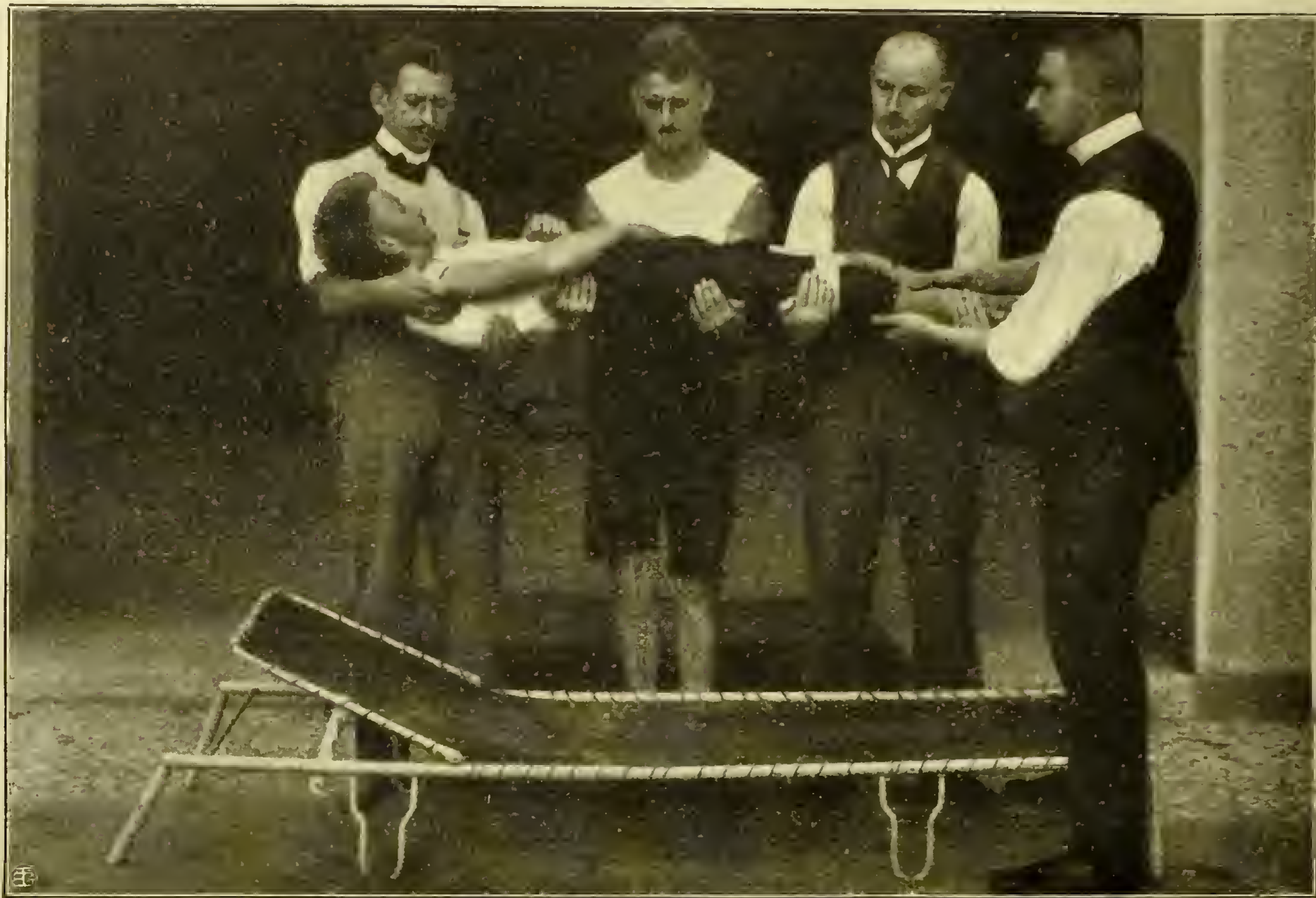


Abb. 214. Heben eines Verwundeten (Verletzung des rechten Beines) auf die Trage durch 4 Nothelfer.

gegriffen haben, erfolgt das Kommando „Fertig — hebt auf", mit einer kleinen Pause zwischen beiden, damit jeder Träger, der noch nicht fertig ist, „Halt" rufen kann. Das Aufheben geschieht langsam, wobei alle Träger sich nacheinander richten müssen. Nr. 1 am Kopfende kommt lieber etwas früher in die Höhe als später. Nun treten die Nothelfer mit ihrer Last mit kleinen, gleichmäßigen Schritten seitwärts oder auch nach vorn, je nach der Stellung der Trage, und legen den Verletzten auf das Kommando „Setzt — ab" ebenso vorsichtig auf die Trage, wie sie ihn aufgehoben haben, wobei Nr. 1 jetzt lieber etwas zurückbleibt, als daß er die Kopfseite schneller herunterläßt.

Stehen vier Personen zur Verfügung, so tritt Nr. 4 auf die freie, verletzte Seite des Verwundeten und übernimmt das Kommando. Er unterstützt Nr. 2, der es am schwersten hat, beim Aufheben. Bedarf jedoch das verletzte rechte Bein der besonderen Unterstützung, so leistet Nr. 4 diese, während Nr. 3 beide Unterarme unter dem Bein hindurchführen kann (Abb. 214). Bei vier Helfern brauchen die Träger nicht mit ihrer Last seitwärts oder vorwärts zu treten. Nr. 4 kann vielmehr, wenn er sich überzeugt hat, daß die drei anderen den Verletzten sicher halten, die Trage unter den Verletzten schieben, so daß dieser nur abgesetzt zu werden braucht.

Drei Nothelfer können sich auch so verteilen, daß Nr. 1 und 2 zu beiden Seiten des Verletzten antreten (Abb. 215). Dann umfassen sie mit dem einen Arm den Rücken, mit dem anderen das Gesäß des Verwundeten, während dieser selbst seine Arme um den Hals der beiden Träger legt. Nr. 3 umfaßt die Füße mit der einen Hand von oben, mit der anderen von unten oder mit beiden Händen von unten. Dabei darf der Verletzte natürlich nicht bewußtlos sein und muß die nötige Kraft haben, sich

etwas mit den Armen selbst festzuhalten.

Zwei Nothelfer werden ebenso anfassen, wie es soeben von Nr. 1 und 2 beschrieben wurde. Oder Nr. 1 faßt den Verletzten vom Rücken her mit beiden Armen unter die Achselhöhlen, wobei der Kopf des Verletzten an der Brust von Nr. 1 ruhen kann, Nr. 2 tritt zwischen die Beine des Verletzten, ihm den Rücken zudrehend, und umfaßt jedes Bein mit je einem Arm (Abb. 216). Bei allen Arten hebt man den Verwundeten am besten ebenfalls nach den genannten Kommandos auf, um Gleichmäßigkeit zu erreichen.


Abb. 215. Tragen eines Verwundeten durch 3 Nothelfer.

Kann der Verletzte sitzen, so tragen ihn zwei Nothelfer mit Vorteil auf einem Stuhl, oder sie verschlingen ihre Hände, die einen unter dem Gesäß, die anderen hinter dem Rücken des Verletzten, und tragen ihn ebenso wie auf einem Stuhl sitzend. Ein Stuhl eignet sich auch bei Transport die Treppe hinauf.

Auch ein einzelner Nothelfer kann einen Verletzten aufheben. Das Verfahren ist je nach dem Sitz der Verletzung und der Fähigkeit des Verletzten, sich selbst festzuhalten, verschieden. Der Nothelfer greift mit dem einen Arm unter die Brustgegend, mit dem anderen unter die Oberschenkel des Verletzten, wobei der Verletzte einen oder, wenn möglich, beide Arme um den Hals des Nothelfers schlingt. Oder der Nothelfer trägt den Verletzten „Huckepack". Ist der Verletzte bewußtlos, so kann man ihm die Hände zusammenbinden, ihn auf etwas erhöhter Stelle zum Sitzen aufrichten, sich selbst des Verletzten Arme über den Kopf streifen und so versuchen, ihn „Huckepack" zu bekommen.


Abb. 216. Tragen eines Verwundeten durch 2 Nothelfer.

In vielen Fällen, auch bei



Abb. 217. Der Transport eines Verwundeten auf der Trage.

einigen Beinverletzungen, kann der Verletzte gehen oder in sitzender Stellung fahren. Je nach der Verletzung wird man ihn nur begleiten oder von einer Seite unterstützen.

2. Das Bewegen der Trage.

Die Trage wird von zwei Trägern mit Gurten aufgehoben. Das Fußende geht voran, so daß der Träger am Fußende der Trage den Rücken zukehrt. Auch die Bewegung der Trage erfolgt am besten entsprechend den Kommandos der militärischen Krankenträgerordnung. Das Kommando hat der Träger am Kopfende. Beide Träger nehmen auf „Angetreten" den Gurt um und erfassen die Griffe der Trage. Ist das geschehen, so erfolgt das Kommando „Fertig — hebt auf", wobei nach „fertig" noch „Halt" gerufen werden kann. Auf „Hebt auf" wird die Trage vorsichtig aufgehoben. Auf „Trage — marsch" tritt der vordere Träger mit dem linken Fuß, der Träger am Kopfende mit dem rechten Fuß an, so daß beide im Wechseltritt, mit kurzen, langsamen Schritten und etwas gebeugten Knien gehen (Abb. 217). Schon hierdurch und ferner durch ganz leichtes, nicht sichtbares seitliches Schwingen der Trage werden die senkrechten Stöße aufgehoben.

Die Trage muß bei sehr steilem Wege bergauf oder eine Treppe herauf umgedreht werden, so daß das Kopfende vorangeht. Bei Treppab geht das Fußende, wie auf ebener Strecke, voran. Bei Treppauf und Treppab muß das jedesmalige untere Ende am besten durch zwei Träger allmählich höher (bis zur Schulterhöhe) gehoben werden, um die Trage selbst möglichst wagerecht zu stellen. Dabei müssen beide Tragegurte ausgehängt werden, damit nicht ein Träger bei etwaigem Ausgleiten die Trage mit herunterreißt. Daher muß die Trage vor und hinter einer Treppe jedesmal abgesetzt werden. Das geschieht ebenso wie am Ziele vorsichtig auf das Kommando „Setzt — ab". In ähnlicher Weise wird die Trage über ein Hindernis gehoben. Der Verletzte wird in der gleichen Art und nach den gleichen Kommandos von der Trage herabgehoben, wie er hinaufgehoben wurde. Der Transport auf der Trage muß praktisch geübt werden.

Man kann eine Nottrage durch zwei Stangen und einen Sack, durch dessen Ecken die Stangen gesteckt werden, herstellen. An Stelle des Sackes ist auch ein zugeknöpfter Mantel verwendbar. Ebenso kann eine kurze Leiter, die weich gepolstert wird, im Notfall mit Stroh oder Moos, eine Trage ersetzen.

Das Verbandschränkchen.

Die Verbandstoffe und die sonstigen für die „Erste Hilfe“ erforderlichen Gegenstände werden am besten in einem Wandschränkchen untergebracht. Ein Verbandkasten hat den Nachteil, daß häufig verschiedene andere Gegenstände herausgenommen werden müssen, um zu dem gesuchten Gegenstand zu gelangen. Dadurch wird das richtige Einpacken erschwert, was bei der vielfach mangelnden Sorgfalt und auch Unkenntnis der Benutzer Unordnung und somit Unsauberkeit im Gefolge hat. Beides wird bei der besseren Zugänglichkeit eines Schränkchens eher vermieden.

Das Schränkchen hat am besten unten ein offenes Fach für ein oder zwei emaillierte Becken, Seife, Bürste, Handtuch; darüber befinden sich zwei herausziehbare Schubkästen, der eine für ein Eiterbecken und notwendige Instrumente, die jedoch in kleinen Verhältnissen an der Innenseite der Tür befestigt werden können, wodurch ein Schubfach gespart wird; der andere für Binden und einzeln verpackten Mull. Dann folgen wieder mehrere offene Fächer; das eine für Verbandstoffkästen mit doppeltem Boden (s. S. 335), Heftpflasterrollen, Esmarchsche Tücher und ein Nadelkästchen; die nächsten drei, die zusammen nur die Breite des Schränkchens einnehmen, a) zur Aufnahme äußerer Medikamente, b) für Salbendosen und Tuben, c) für einfache innere Medikamente.

An jedem Fach befindet sich zweckmäßig ein Schild mit den Namen der darin untergebrachten Gegenstände, an der Innenseite der Tür ein Verzeichnis des gesamten Schrankinhaltes.

Als Inhalt empfehlen sich folgende Gegenstände:

I. Instrumente: 1. Eine chirurgische Schere. 2. Eine Kleider- und Verbandschere. 3. Eine Pinzette. 4. Ein Spatel, der zum Streichen von Salbe dient. 5. Ein starkes Messer zum Schneiden der Pappe. 6. Ein Kästchen mit Sicherheitsnadeln.

II. Verbandstoffe: 1. Mullbinden und Kambrikbinden (5 und 10 cm breit), jede gesondert verpackt. 2. Flanellbinden. 3. Mullstücke in verschiedener Größe, zu je einem Verband reichend, jedes gesondert verpackt. 4. Verbandpäckchen. 5. Mull, Dermatolgaze, Watte, verpackt in den S. 335 beschriebenen Kästen mit doppeltem Boden. 6. Zwei Bardelebensche Brandbinden. 7. Verschiedene Stücke reiner Leinwand. 8. Mosetig-Battist in Stücken von verschiedener Größe. 9. Ein Paket gewöhnlicher Watte für Schienenverbände. 10. Mehrere Esmarchsche dreieckige Tücher. 11. Eine Rolle Zinkpflastermull und Heftpflaster in Rollen (Leukoplast oder Duranaplast). 12. Eine elastische Binde.

III. Schienen: 1. Pappestücken. 2. Zusammenschiebbare Aluminiumschienen. 3. Drahtschienen.

IV. Medikamente: a) Zur äußerlichen Anwendung: 1. Essigsaure Tonerdelösung. 2. Wasserstoffsuperoxyd. 3. Äther. 4. Alkohol 85 %ig. b) Salben: 1. Eine Tube Byrolin oder Lanolin. 2. Eine Dose Borsalbe. c. Innerliche Medikamente: 1. Salmiakgeist 50 gr. 2. Hoffmannstropfen 100 gr. 3. Alkoholische Baldriantinktur 100 gr. 4. Eine Dose mit Zuckerstückchen.

V. Gerätschaften: 1. Ein Eiterbecken. 2. Ein oder zwei emaillierte Becken, als Waschbecken und als Schale zur Aufnahme von äußerlichen Medikamenten. In den Becken verpackt: 3. Eine Glasdose mit Seife. 4. Eine Nickelindose mit Handbürste. 5. Ein Nagelfalz. 6. Ein Handtuch. Ferner: 7. Ein Trinkbecher. 8. Eine gedruckte Anweisung über „Erste Hilfe“.

Derartige Schränkchen sind meist in drei verschiedenen Größen käuflich. Vom Inhalt können, je nach Bedarf, einige Gegenstände fortgelassen oder hinzugefügt werden.

Namen- und Sachverzeichnis.

J.

K.

M.

X.

Z.

Literaturverzeichnis für Abbildungen.

Die Abbildungen sind entweder nach den Angaben des Verfassers gezeichnet und photographiert oder stammen, zum Teil verändert und verkleinert, aus folgenden Werken:

1. G. Abelsdorff, Das Auge des Menschen. Leipzig, B. G. Teubner. 1907.
2. Bail, Leitfaden der Zoologie. Leipzig, O. R. Reisland. 1912.
3. K. v. Bardeleben, Die Anatomie des Menschen. Leipzig, B. G. Teubner. 1908.
4. H. Bluntschli, Die Bedeutung der Leibesübungen für die gesunde Entwickelung des Körpers. München, Ernst Reinhardt. 1909.
5. L. Burgerstein, Schulhygiene. 3. Aufl. Leipzig, B. G. Teubner. 1912.
6. M. David, Körperliche Verbildung im Kindesalter und ihre Verhütung. Leipzig, B. G Teubner. 1910.
7. G. Demeny, J. Philippe und P. Racine, Cours superieur d'Education Physique. Paris, Félix Alcan. 1905.
8. R. du Bois-Reymond, Physiologie des Menschen und der Säugetiere. 2. Aufl. Berlin, August Hirschwald. 1910.
9. Fiedler u. Hoelemann, Bau des menschlichen Körpers. Dresden, C. C Meinhold u. Söhne. 1903.
10. Hatschek, Studien über die Entwickelung des Amphioxus. Arbeit aus dem zoologischen Institut zu Wien und Triest. Band 4. 1881.
11. C. Heitzmann, Deskriptive und topographische Anatomie des Menschen in 600 Abbildungen. Wien, Wilhelm Braumüller. 1875.
12. A. Hoffa, Lehrbuch der orthopädischen Chirurgie. Stuttgart, Ferdinand Enke. 1902.
13. R Klapp, Funktionelle Behandlung der Skoliose. 2. Aufl. Jena, Gustav Fischer 1910.
14. J. Kollmann, Plastische Anatomie des menschlichen Körpers. Leipzig, Veit & Comp. 1886.
15. C. Kreibig, Die fünf Sinne des Menschen. 2. Aufl. Leipzig, B. G. Teubner. 1907.
16. Lüddekens, Rechts- und Linkshändigkeit. 1. Aufl. Leipzig, Wilhelm Engelmann.
17. Nagel, Weibliche Geschlechtsorgane, in: Karl v. Bardeleben, Handbuch der Anatomie des Menschen. Jena, Gustav Fischer. 1906.
18. L. Pfeiffer, Handbuch der angewandten Anatomie. Leipzig, Otto Spamer. 1899.
19. J. Ranke, Der Mensch. Leipzig, Bibliographisches Institut. 1886.
20. Raubers Lehrbuch der Anatomie des Menschen. Neu bearbeitet und herausgegeben von Fr. Kopsch. 7. Aufl. Leipzig, Georg Thieme. 1906.
21. H. Rosin, Herz, Blutgefäße und Blut und deren Erkrankungen. Leipzig, B. G Teubner. 1910.
22. H. Sachs, Bau und Tätigkeit des menschlichen Körpers. 3. Aufl. Leipzig, B. G. Teubner. 1910.
23. E. A. Schäfer, The Essentials of Histology descriptive and practical. 7. ed. London, New York, Bombay and Calcutta, Longmanns, Green & Co. 1907.
24. Schider, Plastisch-anatomischer Handatlas. Leipzig, Seemann & Co.
25. Staffel, Die menschlichen Haltungstypen und ihre Beziehungen zu den Rückgratverkrümmungen. Wiesbaden, J. Bergmann. 1889.
26. H. Tillmanns, Lehrbuch der allgemeinen und speziellen Chirurgie. 5. Aufl. Leipzig. Veit & Co. 1896.
27. C. Toldt, Anatomischer Atlas. 2. Aufl. Berlin und Wien, Urban und Schwarzenberg. 1900.
28. M. Verworn, Die Mechanik des Geisteslebens. 2 Aufl. Leipzig, B. G. Teubner. 1910.
29. R. Zander, Die Leibesübungen und ihre Bedeutung für die Gesundheit. 2. Aufl. Leipzig, B. G Teubner. 1904.
30. R. Zander, Vom Nervensystem. 2. Aufl. Leipzig, B. G. Teubner. 1910.

Druck von B. G. Teubner in Dresden.



Handbücher für den Turnunterricht

Einwirkungen u. Erfolge der Leibesübungen bei der Jugend.

Übersicht der für die verschiedenen Altersstufen der Jugend zweckmäßigsten Leibesübungen. Von San.-Rat Prof. Dr. med. **F. A. Schmidt.**

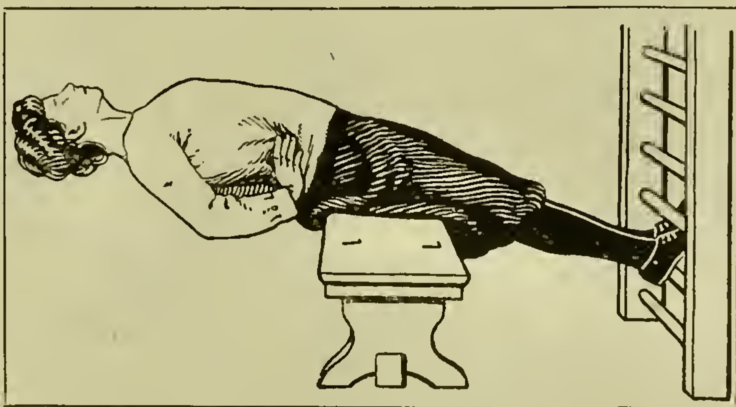
Zwei Übersichtstabellen auf einer Wandtafel. Format 80 : 80 cm. Auf Papier M. 2.80, auf Papyrolin mit Ösen M. 3.20, auf Papyrolin mit Stäben M. 3.60.

Tabelle I gibt die Einteilung der verschiedenen Übungsarten mit ihren mannigfachen Formen nach deren vorwiegendem Charakter, zeigt deren physiologische Einwirkungen auf die einzelnen Organsysteme des Körpers und kennzeichnet die Grenzen, wo an Stelle hygienischer Vorteile Schädigung des Körpers eintritt. Tabelle II stellt die Übungsbedürfnisse sowie die richtige Verteilung der Übungen für die verschiedenen Altersstufen vom 6. bis zum 20. Lebensjahre fest. Die eigenartige praktische Anordnung, die Verwendung der verschiedensten Drucktypen in Rot-, wie in Schwarzdruck, sowie die knappe, aber stets treffende Ausdrucksweise ermöglichen es, eine geradezu überraschende Fülle wissenschaftlicher Tatsachen in einer ungemein übersichtlichen Form zu bringen. Keine für den hygienischen Betrieb erzieherischer Leibesübung wichtige Frage, über die hier nicht sofort die richtige Auskunft zu finden wäre. Für den Betrieb und die Anordnung von Leibesübungen bei Lehranstalten aller Art ist diese Wandtafel ein unersetzliches Hilfsmittel.

Orthopädisches Schulturnen.

Von San.-Rat Prof. Dr. med. **F. A. Schmidt** u. Turninspektor **Fr. Schroeder.** Haltungsfehler u. leichte Rückgratsverkrümmungen im Schulalter, deren Verhüt. u. Bekämpfung durch geeign. Übungen. Mit 48 Übungsbildern. Geb. M. 4.—

Bei der außerordentlich großen Zahl von Kindern mit Haltungsfehlern und leichten Rückgratsverkrümmungen hat sich zur Vermeidung von Schiefwuchs und Verkrüppelung die Einführung besonderer „orthopädischer Turnstunden" an unseren Schulen allseits als notwendig herausgestellt. Dabei kommt es in der Hauptsache auf die Beseitigung leichter Haltungsfehler u. Verbiegungen sowie die vorbeugende Verhinderung schwererer Verkrümmungen an, es soll aber nicht in das Gebiet des orthopädischen Arztes übergegriffen werden. Denn die Schule ist keine Heilanstalt. Auf dieser Grundlage ist das Buch zusammengestellt von einem Schularzt u. einem Turnlehrer, die seit Jahren schon auf diesem Gebiet gemeinsam tätig sind. Der erste Teil des Buches von Prof. Dr. F. A. Schmidt handelt „Über die Verbiegungen der Wirbelsäule beim Schulkind, deren Entstehung und Verhütung", während Fr. Schroeder im zweiten Teil die Beschreibung der 48 Haltungsübungen gibt, welche, musterhaft ausgeführt, in Photogravüre auf Tafeln dem Buche beigefügt sind.



Rumpfbeugen rückwärts.
Aus: Schmidt-Schroeder, Orthopädisches Turnen.

„Endlich besitzen wir ein wissenschaftlich ebenso wertvolles, wie durch seine Kürze und Übersichtlichkeit praktisch brauchbares Buch über orthopädisches Schulturnen. Allein die Namen der Verfasser, Schmidt und Schroeder, bürgen schon für seine Güte. Die Bilder stellen das Beste dar, was uns die Turnliteratur bisher geboten hat. Sie sind für jeden Turnlehrer wichtig und wertvoll." (Der Säemann.)

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Wanderliteratur

Das Wandern. Anleitung zur Wanderung und Turnfahrt in Schule und Verein. Von Geh. Hofrat Prof. **H. Raydt** u. Oberlehrer **Fr. Eckardt.** 3., verbesserte Auflage mit 37 Abbildungen. Kart. M. 1.20.

„Ein feines Büchlein, das ebenso nützlich ist, wie es sich angenehm liest. Wunderhübsch ist der Segen des Wanderns und die deutsche Wanderlust dargestellt. Der muß schon recht steif und verknöchert sein, der es liest und fühlt nicht Sehnsucht nach blauem Berg, grünem Wald und bunter Wiese. ‚Jugendluft, helle Jugendluft, jauchzende Freude an kräftiger Tat, die muß das Herz unserer Schüler wieder durchfluten‘, das ist der Grundton des Buches. Daneben bietet es in knapper, übersichtlicher Form alles Wissenswerte über Art, Vorbereitung und Ausführung von Wanderungen.“ (Monatsschrift für das Turnwesen.)

Fröhlich Wandern. Von Geh. Hofrat Professor **H. Raydt.** Empfohlen vom Herzoglich Sächs. Ministerium, Altenburg S.-A., Abteilung für Kultusangelegenheiten. 2. Auflage. Mit zahlreichen Abbild. Geh. M. 1.—. Partiepreise: bei 50 Exempl. je M. —.90, bei 100 Exempl. je M. —.80, bei 300 Exempl. je M. —.70.

„Das ist das Buch eines alten, erfahrenen Wandersmannes, ein Buch von der Weise rechten Wanderns, von der Schönheit und Poesie fröhlicher, frischer Wanderfahrten, geschrieben in dem Drange, mitzuhelfen, daß das Wandern wieder zu allgemeiner Sitte in unserem Volke wird, dem der Wandertrieb aus den altgermanischen Zeiten gewiß nicht verloren gegangen ist. Vom Jugendwandern vor allem sprechen viele Seiten. Raydt weiß so manches Fesselnde zu berichten von den vielen Wanderfahrten seiner eigenen Kindheit und läßt uns spüren, wie deren reiche Eindrücke noch jetzt so bunt und mannigfaltig in seinem Erinnern leben. . . . Es folgen eine ganze Reihe praktischer Winke für die Ausführung von Jugendwanderfahrten neben einer Würdigung dessen, was durch die verschiedenen Vereinigungen, die das Jugendwandern fördern und pflegen, bereits geleistet ist. Zum Schlusse wird manches treffliche Wort dem Wandern Erwachsener gewidmet.“ (Jugvogel.)

Hinaus in die Ferne! Zwei Wanderfahrten deutscher Jungen durch deutsche Lande, erzählt von **Dr. Edmund Neuendorff.** Mit Buchschmuck von Karl Mühlmeister. In Leinwand geb. M. 3.20.

„Was uns bisher fehlte, das war das erbauliche Wanderbuch, das zum Gemüt spricht, die Herzen packt und in seliger Wanderlust überfließen läßt, das Gegenstück zu Eichendorffschen Wanderliedern. Ein solches Wanderbuch aber könnte nur ein Dichter schreiben. Ein Glück für uns, daß jetzt dieser Dichter aus den Reihen der Fachleute erstanden ist! Edmund Neuendorff, dessen Name schon bisher unter Erziehern und Turnern einen guten Klang hatte, schenkt uns in dem Buche ‚Hinaus in die Ferne‘ jene ersehnte köstliche Gabe. Zum trefflichen Inhalt tritt die künstlerische Form der Darstellung. Die Sprache ist einfach, schlicht und formvollendet. Sie vereint in glücklicher Weise Buschschen Humor, Naumannschen Schwung und Eichendorffsche Stimmung. Verstärkt wird der Eindruck durch die prächtigen Zeichnungen von Karl Mühlmeister. So meine ich nicht zuviel zu sagen, wenn ich das Neuendorffsche Buch als das ‚Hohelied des Wanderns‘, als das Wanderbuch unserer Zeit bezeichne. Es wird seinen Platz finden unter den besten Erziehungswerken der Gegenwart und den trefflichsten Büchern der Jugendliteratur.“ (Der Wanderer.)

Zum Schwimmunterricht

Schwimmunterricht in städtischen Schulen. Von Lehrer **Morstein Marx.** Kartoniert M. 2.80.

„ . . . Ein vorzügliches Buch, das ich mit ständig wachsendem Interesse gelesen habe. So kann nur derjenige eine Sache schildern und für sie neue Freunde zu werben versuchen, der mit Leib und Seele dabei ist und mit ihr und an ihr groß geworden ist. Das Buch ist eine wahre Fundgrube; es ist die Sammlung eines Praktikers, der aus dem reichen Schatze des Selbsterlebten und -erprobten dem Freunde der Sache alles gibt, was zur Durchführung des Planes nötig ist. Mit seinem psychologischen Verständnis hat der Verfasser der schwimmlernenden Jugend abgelauscht, wie es ihr ums Herz ist, und mit logischer Schärfe baut er sein System auf, das in gar manchem von den bisherigen Gepflogenheiten abweicht und doch wiederum so selbstverständlich erscheint, daß man schließlich etwas anderes für unmöglich halten möchte. . . .“ (Monatsschrift f. d. Turnwesen.)

Schwimmrettungstafel (Lebensrettung bei Ertrinkenden). Von Sanitätsrat Prof. Dr. med. **F. A. Schmidt.** Format 120 : 90 cm. Auf Papier M. 2.40, auf Papyrolin mit Ösen M. 3.—, auf Papyrolin mit Stäben M. 3.60. Bei einmaligem Bezug einer größeren Anzahl tritt eine Ermäßigung des Preises ein.

„Die Professor Schmidtsche Schwimmrettungstafel führt dem Beschauer in musterhafter Weise durch klare Abbildungen und knappen, leicht verständlichen Text vor Augen, worauf er als Rettender vor allem seine Aufmerksamkeit zu lenken hat. Daneben gibt sie auch noch kurze und durch zwei gleichfalls gute Abbildungen Anleitung zu der neuen, einfachen künstlichen Atmung. Die Tafel enthält somit alles, was für Fälle der Gefahr zu wissen not tut. An der richtigen Stelle in der Badeanstalt aufgehängt, wird sie aber sicher nicht verfehlen, das Interesse jedes Schwimmers zu erregen, und so einen für viele unabsehbaren Nutzen zu stiften.“ (Die Badeanstalt.)

Schwimmunterricht und Schwimmen. Von H. Lotz. (U. d. Presse.)

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Schriften des Zentralausschusses für Volks- u. Jugendspiele

Jahrbuch für Volks- und Jugendspiele. In Gemeinschaft mit den Vorsitzenden des Zentralausschusses zur Förderung der Volks- u. Jugendspiele in Deutschland, Abgeordneten Dr. med. h. c. E. v. Schenckendorff u. Sanitätsrat Prof Dr. F. A. Schmidt, hrsg. von Geh. Hofrat Prof. H. Raydt. Es sind erschienen: Jahrgang I (1892) *M* 1.–, II–IV (1893–1895) je *M* 2.–, V–XII (1896–1903) je *M* 3.–, XIII u. XIV (1904 u. 1905) vergriffen, XV—XXII (1906—1913) Kart. je *M* 3.—

Wehrkraft durch Erziehung. Im Namen des Ausschusses zur Förderung der Wehrkraft durch Erziehung hrsg. von Abgeordneten Dr. med. h. c. E. v. Schenckendorff u. Dr. H. Lorenz. 2., verm. Aufl. Mit Bildnis Kaiser Wilhelms II. gr. 8. 1905. Kart. *M* 3.–

Über nationale Erziehung durch Leibesübungen. Von Abgeordneten Dr. med. h. c. E. v. Schenckendorff. 3. Aufl. Lex.-8. 1911. Geh. . . . . *M* 1.—

Kleine Schriften: Band 1. **Ratgeber zur Einführung der Volks- und Jugendspiele.** Von weil. Turninspektor A. Hermann. 7. Auflage mit zahlreichen Abbildungen unter Mitwirkung von weil. Prof. Dr. K. Koch herausgegeben von Prof. Dr. E. Kohlrausch. 8. 1912. Kart. . . . . *M* —.80.

Band 2. **Anleitung zu Wettkämpfen, Spielen und turnerischen Vorführungen bei Jugend- und Volksfesten.** Von Sanitätsrat Prof. Dr. F. A. Schmidt. 6. Auflage. Mit zahlreichen Abbildungen. 8. 1911. Kart. . . . *M* 1.40.

Band 3. **Handbuch der Bewegungsspiele für Mädchen.** Von weil. Turninspektor A. Hermann. 7. Aufl., bearbeitet von Turninspektor F. Schroeder. Mit 71 Abbildungen. 8. 1913. Kart. . . . . *M* 1.80.

Band 4. **Ratgeber zur Pflege der körperlichen Spiele an den deutschen Hochschulen.** Von Dr. med. h. c. E. von Schenckendorff und Prof. J. Heinrich. 4. Auflage. 8. 1910. In Leinwand geb. . . . . *M* —.80.

Band 5. **Singspiele.** Von Minna Radczwill. 2. Aufl. Mit 28 Abbildungen. 8. 1912. Kart. . . . . *M* 1.40.

Band 6. **Winterliche Leibesübungen in freier Luft.** Von Direktor Prof. Dr. E. Burgaß 2. Aufl. Mit 68 Abb. 8. 1910. Kart. . *M* 1.—

Band 7. **Das Wandern.** Von Geh. Hofrat Prof. H. Raydt u. Oberlehrer F. Eckardt. 3. Aufl. Mit 37 Abb. 8. 1911. Kart. . *M* 1.20.

Band 8. **Geländespiele.** Von Seminarlehrer P. G. Schäfer. 3. Aufl. Mit 22 Abbildungen. 8. 1912. Kart. . . . . *M* —.80.

Band 9. **Militärisches Spielbuch** bearbeitet auf Grundlage der neuen Turnvorschrift für die Infanterie vom 3. Mai 1910, herausg. von Prof. Dr. E. Kohlrausch unter Mitwirkung von Prof. Keßler, Major Krafft, Turnlehrer Philippi, Geh. Hofrat Prof. Raydt. Mit 28 Abb. 8. 1911. Kart. . . . *M* 1.—

Band 10. **10 Auskunftbogen über Spielplätze und ihre Ausrüstung, Ferienspiele, Eis- und Rodelbahnen, Wandern.** Verfaßt von Sanitätsrat Prof. Dr F A. Schmidt, Dir. Prof. Dr. E. Burgaß, Oberl. F. Eckardt u. Geh. Hofr. Prof. H. Raydt. 2. Aufl. 8. 1913. Kart. *M* —.80.

Band 11. **Anleitung für Ballspiele.** Von Fr. Reinberg. 8. 1912. Kart. . . . *M* 1.50.

Spielregeln des technischen Ausschusses.

Heft 1. **Faustball. Raffball.** 11. Aufl. Mit Abb.
Heft 2. **Einfacher Fußball** ohne Aufnehmen des Balles. 12. Aufl.
Heft 3. **Schlagball** ohne Einschenker. 11. Aufl.
Heft 4. **Schleuderball. Barlauf.** 9. Aufl.
Heft 5. **Schlagball** mit Einschenker. 8. Aufl.
Heft 6. **Tamburinball.** 8. Aufl.
Heft 7. **Schlagball mit Freistätten.** 7. Aufl.
Heft 8. **Grenzball, Stoßball, Feldball.** 8. Aufl.
Heft 9. **Fußball** m. Aufn. d. Balles 6. Aufl.
Heft 10a. **Korbball** für Männer. 2 Aufl.
Heft 10b. **Korbball** für Frauen. 3. Aufl.
Heft 11. **Treibball (Hockey), Eistreibball (Eishockey).** 2. Aufl.
Heft 12. **Anleitung für die Geländespiele** der deutschen Jugend.

Westentaschenformat. Stark kart. je *M* —.20   30 Stück und mehr eines Heftes je *M* —.15

Verschiedenes. Wehrkraft und Jugenderziehung. Zeitgemäße Betrachtungen auf Grund seines beim Deutschen Kongreß zu Königsberg am 25. Juni 1899 gehaltenen Vortrages. Von Dr. H. Lorenz, Direktor der GuthsMuths-Oberrealschule zu Quedlinburg . . Geh. *M* 1.—

Die deutsche Jugendspielbewegung nach den Grundsätzen des Zentralausschusses für Volks- und Jugendspiele. Von Geh. Hofrat Professor H. Raydt. *M* —.50.

Der X. Deutsche Kongreß für Volks- und Jugendspiele in Gleiwitz vom 2.—5. Juli 1909. Hrsg. v. Geh. Hofrat Prof. H. Raydt. 1910. Geh. *M* 1.50.

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin